

Kolmivaihemuuntajien käyttöönotto ja oppimisympäristö

Sami Petteri Paaso

Teollisuuden ja luonnonvaran osaamisala
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

KEMI 2014

ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa Aila Petäjäjärveä asiantuntevasta ohjauksesta opinnäytetyöprosessin aikana. Haluan kiittää myös laboratorioinsinööri Jouko Alanivaa opinnäytetyöhön liittyvien materiaalien hankinnasta.

Kemissä 21.5.2014

Sami Paaso

TIIVISTELMÄ

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Teollisuuden ja luonnonvaran osaamisala

Koulutusohjelma: Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä: Sami Petteri Paaso
Opinnäytetyön nimi: Kolmivaihemuuntajien käyttöönotto ja oppimisympäristö
Sivuja (joista liitesivuja): 79 (33)
Päiväys: 21.5.2014
Opinnäytetyön ohjaaja: Insinööri Aila Petäjäjärvi
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli Lapin ammattikorkeakoulun teollisuuden ja luonnonvaran osaamisalan Kemin yksikköön sähkövoimatekniikanlaboratorioon hankittujen kolmivaihemuuntajien modifiointi ja käyttöönotto. Oleellinen osa työtä oli vanhojen laboratoriotyöohjeiden päivittäminen uusille muuntajille sopiviksi. Opinnäytetyö oli osa Lapin ammattikorkeakoulun sähkövoimatekniikan laboratoriahanketta.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosassa käytiin läpi erilaisten muuntajien perusteoriaa ja rakennetta. Teoriaosassa käsiteltiin tarkemmin kolmivaiheisten tehomuuntajien ominaisuuksia ja niihin liittyviä sähköisiä tekijöitä. Opinnäytetyössä käsiteltiin myös sähkötyöturvallisuutta sähkölaboratorioissa.</p> <p>Työhön kuului kahden muuntajan rakenteellinen muokkaus liikuteltavuuden ja työturvallisuuden parantamiseksi, sekä yhden jo hankkeen aikana kiinteästi paikoilleen asennetun muuntajan testaaminen. Muuntajilla tehtiin mittauksia, joiden avulla selvitettiin muuntajien soveltuvuus laboratoriotöihin. Laboratoriotyöohjeiden suunnittelun pohjana käytettiin vanhoja työohjeita ja dokumentoimattomia laboratoriotyöselostuksia. Työn lopputuloksena syntyi valmis oppimisympäristö ja uudet päivitetty laboratoriotyöohjeet.</p>
Asiasanat: Muuntajat, laboratoriotyöt, sähkömagnetismi, oppimisympäristö.

ABSTRACT

LAPLAND UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES,
School of industry and natural resources

Degree programme: Electrical engineering
Author: Sami Paaso
Thesis title: Implementation and Learning Environment of the Three-phase Transformers
Pages (of which appendixes): 79 (33)
Date: 21 May 2014
Thesis instructor: Aila Petäjäjärvi, BSc, (El.eng)
<p>This study was commissioned by Lapland University of Applied Sciences. The objective of this final year project was the modification and implementation of three-phase transformers, which was acquired for the new electrical engineering laboratories in Kemi's school of industry and natural resources. Important part of the project was to update old laboratory work instructions, so that they could be used with the new transformers. This thesis was part of Lapland University of Applied Sciences electric power engineering laboratory project.</p> <p>In the theoretical part of this final project is introduced basic theory and structure of different types of transformers. Theoretical part has focused more specifically on three-phase power transformer's abilities and electrical factors. Study also introduces the safety rules for working in the electrical engineering laboratory.</p> <p>The study included structural modification to improve the mobility and safety at work for two of the acquired transformers. One of the transformers was already installed and implemented in the laboratory during the laboratory project. Test measurements were made for the transformers to clarify the suitability of the transformers in the laboratory work. Planning of the laboratory work instructions was based on old work instructions and undocumented laboratory work reports. The final results of this study were the complete learning environment and the updated laboratory work instructions.</p>
Keywords: transformers, laboratory works, electromagnetism, learning environment.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	4
ABSTRACT	5
SISÄLLYS	6
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Opinnäytetyön tavoite	9
1.2 Työn eteneminen.....	9
2 MUUNTAJA	11
2.1 Häviötön yksivaihemuuntaja	11
2.1 Todellinen yksivaihemuuntaja.....	13
2.1 Kolmivaihemuuntaja	14
2.1 Kolmivaihemuuntajan rinnankytkentä	16
2.2 Muuntajatyypit.....	17
2.2.1 Tehomuuntajat	17
2.2.2 Mittamuuntajat.....	18
2.3 Tehomuuntajan rakenne	19
2.3.1 Öljyeristeiset tehomuuntajat	20
2.3.2 Kuivamuuntajat.....	23
2.4 Sähköisiä tekijöitä.....	23
2.4.1 Epälineaarinen kuormitus	24
2.4.2 Epäsymmetrinen kuormitus	25
2.4.3 Jännitteen alenema ja jännitehäviö.....	25
2.4.4 Loisteho.....	25
2.4.5 Muuntajan kytkentäsäilyvirta.....	26
3 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS SÄHKÖLABORATORIOISSA	27
3.1 Perussuojaus	27
3.2 Vikasuojaus.....	28
3.3 Erottaminen ja kytkentä.....	28
4 TEHOMUUNTAJIEN OPPIMISYMPÄRISTÖ.....	29
4.1 Sähkövoimatekniikan laboratorion layout.....	30
4.2 LT1 ja LT2, 32 KVA tehomuuntajat.....	31
4.3 16 kVA muuntaja LT3	33

4.4 Muuntajilla tehtävät laboratoriotyöt.....	35
4.4.1 Muuntosuhteen ja kytkentäryhmän määrittäminen	35
4.4.2 Tyhjäkäynti- ja oikosulkukoe.....	36
4.4.3 Muuntajien rinnankäyttökoe	37
4.4.4 Vinokuormituskoe.....	37
5 KÄYTTÖÖNOTTO JA TESTAUS.....	38
5.1 Määritelmät ja määräykset.....	38
5.2 Muuntajien LT1, LT2 ja LT3 käyttöönotto	39
6 KUNNOSSAPITO JA HUOLTO.....	42
7 POHDINTA.....	43
LÄHTEET	44
LIITTEET.....	45

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

kVA	Kilovoltiampeeri
kV	Kilovoltti
smv	Sähkömotorinenoima
mA	Milliampeeri

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on osa Lapin ammattikorkeakoulun sähkötekniikan laboratoriohanketta. Hankkeessa on uudistettu sähkövoimatekniikan laboratorion laitteistot sähköntuotannon, -siirron ja -jakelun sekä sähkökäyttöjen oppimisympäristöjen osalta. Uudella sähköntuotantolaitteistolla voidaan tutkia sähköntuotantoon liittyviä ilmiöitä kuten aurinko- ja tuulisähkön tuotantoa, tuotetun sähkön vaikutuksia verkkoon ja verkkohäiriöitä. Laboratorioon hankitulla 32 kVA - dieselgeneraattorilla voidaan testata ja simuloida varavoimakäyttöjä.

Sähkönsiirto- ja jakelulaitteistoon muodostuu 110 kV demokentästä ja 10 kV kojeistosta, josta syötetään generaattori-, muuntaja-, moottori ja ilmajohtolähtöjä. Laitteistoon kuuluu myös Microscada sähkölaitosautomaatio ja oppilaitoksen sisäpihalle on rakennettu 20 kV ilmalinja. Laitteilla voidaan opiskella sähkönjakelutekniikkaa, nykyaikaisen suojarleiden toimintaa, sähkölaitosautomaatiota ja simuloida vika- ja jälleenkytkentätilanteita. Laboratorioon hankittiin lisäksi kaksi 32 kVA ja yksi 16 kVA kolmivaiheista tehomuuntajaa.

1.1 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli hankkeen aikana hankittujen tehomuuntajien käyttöönotto ja testaus, sekä muuntajien rakenteellinen muutos laboratoriotöihin sopivaksi. Aiemmin muuntajiin liittyvissä sähkövoimatekniikan laboratoriotöissä käytettiin pieniä 1 - 2 kVA kolmivaiheisia tehomuuntajia.

Insinööriyön tarkoituksena on täydentää ja laajentaa muuntajilla tehtäviä laboratoriotöitä 32 ja 16 kVA tehomuuntajilla. Näitä muuntajia on mahdollista käyttää laboratorioon hankittujen uusien laitteistojen kanssa, mikä antaa laajemman käsityksen sähköverkkojen toiminnasta ja käytöstä. Työhön kuului lisäksi muuntajilla tehtävien laboratoriotöiden suunnittelu ja vanhojen työohjeiden päivitys.

1.2 Työn eteneminen

Työn alkuvaiheessa suunniteltiin kahden laboratorioon hankitun 32 kVA tehomuuntajan rakenteellinen modifiointi opetustarkoitukseen soveltuvaksi. Liikuteltavuutta parannet-

tiin asentamalla muuntajien alle pyörät. Muuntajien käyttöturvallisuutta laboratoriomittauksia varten parannettiin muuntajien päälle asennetuilla kytkentäkoteloidella. Kotelot mahdollistavat kytkentöjen suorittamisen kosketussuojatuilla mittausjohtimilla.

Modifioinnin valmistuttua tehtiin muuntajille käyttöönottotarkastus. Muuntajien soveltuvuutta laboratoriotöihin testattiin mittauksilla sähkövoimatekniikan laboratoriossa. Opinnäytetyöhön kuului myös 16 kVA muuntajan testaus. 16 kVA tehomuuntaja, jota ohjataan 10 kV kojeistolla, on laboratoriahankkeen aikana asennettu jo kiinteästi laboratorioon. Työssä myös tutustutaan 10 kV kojeistoon ja sitä syöttävään 110 kV demokenttään.

Oleellinen osa tätä työtä oli laboratoriotyöohjeiden suunnittelu. Pohjana tässä käytettiin vanhoja ohjeita, jotka muokattiin ja päivitettiin nykyisille muuntajille sopivaksi. Kaikille muuntajatoille tehtiin samanlainen layout. Tulevaisuuden tavoite on, että kaikki sähkövoimatekniikan työohjeet olisi tehty samalla selkeällä layoutilla. Opiskelijan tulee työohjetta lukemalla osata tehdä annettu tehtävä turvallisesti.

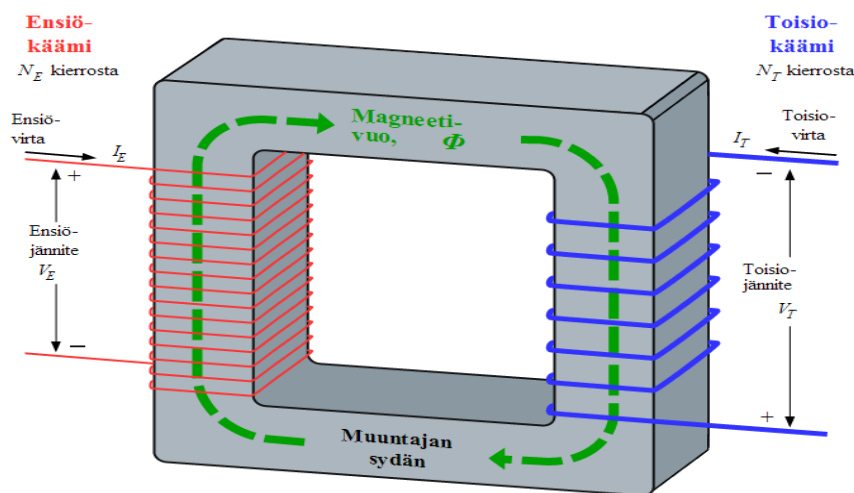
2 MUUNTAJA

Muuntaja on laite, jossa ei ole liikkuvia osia. Muuntajia käytetään yleensä vaihtojännitteen tai -virran pienentämiseen tai suurentamiseen. Lisäksi niiden tehtävä on kahden eri virtapiirin galvaaninen erotus toisistaan, estämättä kuitenkaan energiansiirtoa. Muuntajat ovat tärkeimpiä sähkönsiirtoverkon osia. (Aura & Tonteri 1994, 267.)

Muuntajan toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Yksinkertaisimmillaan muuntaja koostuu kahdesta toisistaan eristetystä käämistä ja rautasydämeestä. Käämejä kutsutaan ensiö- ja toisiokäämeiksi. Ensiökäämiin syötetty jännite muodostaa rautasydämeen magneettivuon, joka indusoi toisiokäämiin kierroslukua vastaavan jännitteen. (Aura & Tonteri 1994, 269.)

2.1 Häviötön yksivaihemuuntaja

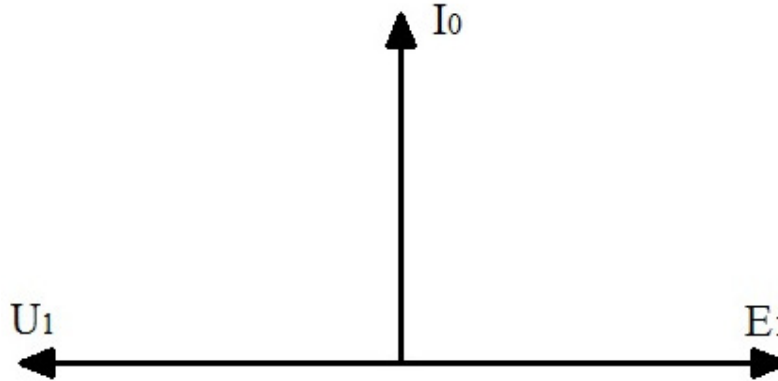
Häviöttömällä yksivaihemuuntajalla tarkoitetaan muuntajaa joka on ideallinen, eli siinä ei esiinny häviöitä. Todellisuudessa muuntajissa esiintyy aina lämpö- ja rautahäviöitä. Idealisessa muuntajassa myös hajavuo on nolla, eli tällöin sama magneettivuo lävistää sekä toisio- että ensiökäämiin. Kuvassa 1. on esitetty periaatekuva yksivaihesiestamuuntajasta. Kuvan muuntajassa ensiö- ja toisiokäämit on käämitty samalle rautasydämelle. (Aura & Tonteri 1994, 269.)



Kuva 1. Yksivaihemuuntajan periaatekuva

Muuntaja on tyhjäkäyntitilassa ensiökäämiin ollessa kytkettynä sinimuotoiseen vaihtojännitteeseen U_1 ja toisiokäämiin ollessa ilman kuormaa. Tyhjäkäynnissä ensiökäämi

ottaa verkosta tyhjäkäyntivirran I_0 , joka on 90° jäljessä jännitettä U_1 . Virta myös aiheuttaa ensiökäämiin sähkömotorisenvoiman E_1 , joka on U_1 :sen suuruinen ja vastakkaisuuntainen kumoten U_1 :sen (Kuva 2). I_0 asettuu tarkasti siihen arvoon, että tämä U_1 :sen kumoava vasta-smv syntyy. I_0 lasketaan kaavalla 1. (Ruppa & Lilja 1996, 76-77.)



Kuva 2. Yksivaihemuuntajan jännitteet ja virta

$$I_0 = \frac{U_1}{\omega L}, \quad (1)$$

missä ω on kulmataajuus eli $2\pi f$ ja L on ensiökäämin induktanssi.

Virta I_0 muodostaa samanvaiheisen magneettivuon rautasydämeen. Magneettivuo Φ lasketaan kaavalla 2.

$$\Phi = \frac{N_1 I_0}{R_m}, \quad (2)$$

missä Φ on magneettivuo, N_1 on ensiökäämin kierrosluku, R_m on vuota Φ vastustava magneettivastus eli reluktanssi.

Magneettivuon Φ tehollisarvo E_1 saadaan kaavasta:

$$U_1 = E_1 = 2\pi f N_1 \Phi, \quad (3)$$

missä f on taajuus.

Kun toisiokäämiin kytketään kuorma, joka aiheuttaa käämiin virran I_2 . Tämä virta aiheuttaa rautasydämeen ylimääräisen magneettimotorisen voiman $N_2 I_2$, joka pyrkii muut-

tamaan magneettivuota Φ . Tällöin ensiökäämi ottaa lisävirtaa niin paljon, että toisiokäämin mmv kumoutuu ja vuo Φ säilyy muuttumattomana. Magneettivuo Φ kulkee myös toisiokäämin läpi ja tähän syntyy smv E_2 , joka saadaan kaavasta 4. (Ruppa & Lilja 1996, 77.)

$$U_2 = E_2 = 2\pi f N_2 \Phi, \quad (4)$$

missä N_2 on toisiokäämin kierrosluku.

Ensiökäämin kokonaisvirta I_1 saadaan laskemalla yhteen tyhjäkäyntivirta I_0 ja toisiovirran aiheuttama lisävirta I_{12} (kaava 5).

$$I_1 = I_0 + I_{12} \quad (5)$$

Häviöttömässä muuntajassa $U_1=E_1$ ja $U_2=E_2$, eli muuntajan hyötysuhde μ voidaan laskea kaavalla 6.

$$\mu = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (6)$$

2.1 Todellinen yksivaihemuuntaja

Todellista yksivaihemuuntajaa tarkasteltaessa otetaan huomioon myös muuntajissa tapahtuvat häviöt. Tällaiset häviöt johtuvat muuntajan käämeissä olevista resistansseista ja induktansseista. Muuntaja ei tehohäviöiden vuoksi pysty siirtämään kaikkea ensiöön syötettyä tehoa toisioon kytkettyyn kuormaan. Tehohäviöitä ovat raudassa tapahtuvat rautahäviöt eli tyhjäkäyntihäviöt ja kuormitus- eli virtalämpöhäviöt. Muuntajat pyritään rakentamaan, siten, että niiden häviöt ovat mahdollisimman pienet. (Aura & Tonteri 1994, 273 - 274.)

Magneettivuon vaihtelu aiheuttaa raudassa rautahäviöitä, jotka jaetaan hystereesi- ja pyörrevirtahäviöihin. Muuntajan kuormitus ei vaikuta rautahäviöihin, sillä muuntajan magneettivuo on siitä riippumaton. Rautahäviöt vastaavat muuntajan tyhjäkäynnissä ottamaa pätötehoa. Hystereesi- ja pyörrevirtahäviöitä voidaan pienentää, esimerkiksi

rakentamalla rautasydän toisistaan eristetyistä rautalevyistä yhtenäisen rautasydämen sijaan. (Ruppa & Lilja 1996, 85; Aura & Tonteri 1994, 276.)

Kuormitushäviöt eli virtalämpöhäviöt P_k ovat muuntajan käämien resistansseista ja kuormitusvirrasta syntyviä häviöitä. P_k lasketaan kaavalla 7.

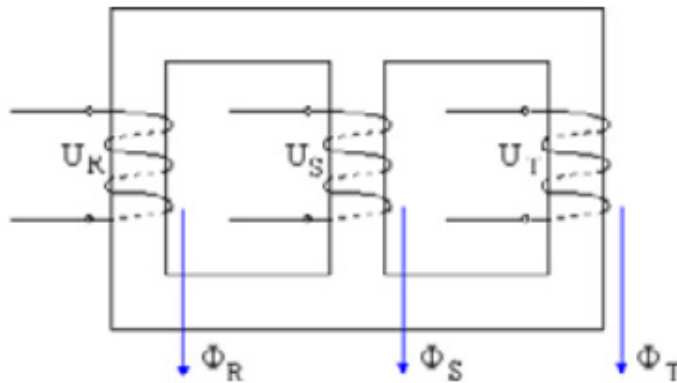
$$P_k = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2, \quad (7)$$

missä I_1 on ensiövirta, I_2 on toisiovirta, R_1 ja R_2 on ensiö- ja toisiokäämin resistanssi.

Muuntajissa esiintyy myös hajavuo, joka aiheutuu siitä että ensiökäämin aiheuttama päämagneettivuoto ei kulje kokonaan rautasydämen kautta toisiokäämin läpi. Tällöin osa vuosta menee ilman kautta käämin ohi, aiheuttaen hajareaktanssia. (Ruppa & Lilja 1994, 85.)

2.1 Kolmivaihemuuntaja

Kolmivaihemuuntajan voidaan yksinkertaisuudessaan tehdä kytkemällä kolme yksivaihemuuntajaa yhteen, siten että niiden ensiö- ja toisiokäämit kytketään esim. tähteen. Kuitenkin todellisuudessa kolmivaihemuuntajat rakennetaan siten, että muuntajalla on rautasydän, jossa on kolme pylvästä joille käämit on käämitty (kuva 3). Muuntajan ensiö- ja toisiokäämit ovat yleisesti käämitty toisistaan eristettyinä samalle pylväälle. (Ruppa & Lilja 1994, 86.)



Kuva 3. Kolmivaihemuuntaja (kuvassa ei näy toisiokäämejä) (Korpinen 1998, svt-opus.)

Kolmivaihemuuntajien vaihekäämit on mahdollista kytkeä joko kolmioon, tähteen tai hakatähteen. Näistä kolmio- ja tähtikytkentää voidaan käyttää sekä ensiö- ja toisiokäämeille, kun taas hakatähtikytkentää voidaan käyttää vain toisiopuolelle. Kuvassa 4 on esitetty kolmivaihemuuntajille tarkoitettut standardoidut kytkennät, joista yleisimmin käytetyt on rajattu sinisellä. Kytkennät on jaettu neljään kytkentäryhmään, joiden tunnusluvut ovat 0, 5, 6, ja 11. Tunnusluvuilla tarkoitetaan sitä, että mitä numeroa kytkennän osoitinpiirroksessa toisiojänniteosoitin osoittaa kellotaulussa, samalla kun ensiöjänniteosoitin osoittaa numeroa 12. (Korpinen 1998, svt-opus.)

Mikäli käämitysten nollapiste on käytettävissä muuntajan kannella, niin merkitään se yläjännitepuolella kirjaimella N ja alajännitepuolella n. Riippuen siitä onko kyseessä ensiö- vai toisiopuoli, kolmiokytkentä merkitään isolla tai pienellä d kirjaimella. Vastaavasti tähtikytkentää kuvaa y ja hakatähteä z. Muuntajan tunnuslaatassa kytkentä ilmoitetaan siis esim. Ynyn0. (Aura & Tonteri 1994, 282.)

Kolmio- ja tähtikytkennät ovat hyvin yleisiä kaikissa kolmivaiheisissa sähkölaitteissa esimerkiksi moottoreissa. Hakatähtikytkentää käytetään vain jakelumuuntajissa. Hakatähtikytkentä vastaa sähköjohdon kannalta täysin tähtikytkentää, mutta se sallii epäsymmetrisen kuormituksen, vääristämättä jännitettä epäsymmetriseksi. Hakatähtikytkennässä vaihekäämit on puolitettu ja kytketty ristiin kuvan 4 osoittamalla tavalla. Hakatähtikytkennän haittana on se, että siihen tarvitaan 15,5 % suurempi johdinkierros määrä, kuin vastaavassa tähtikytkennässä. (Aura & Tonteri 1994, 282.)

Tunnusluku	Kytkentä	Osoitinkuvat		Kytkennät	
		YJ	AJ	YJ	AJ
0	Dd0				
	Yy0				
	Dz0				
5	Dy5				
	Yd5				
	Yz5				
6	Dd6				
	Yy6				
	Dz6				
11	Dy11				
	Yd11				
	Yz11				

Kuva 4. Kolmivaihemuuntajille standardoidut kytkennät (Korpinen 1998, svt-opus.)

2.1 Kolmivaihemuuntajan rinnankytkentä

Kaksi tai useampia muuntajia voidaan kytkeä rinnakkain, mikäli rinnankytkennän ehdot täyttyvät.

Rinnankytkennän yleisesti käytetyt ehdot ovat:

- Muuntajien nimellistehot on oltava samaa luokkaa. Tehojen suhde saa olla enimmillään 3:1.
- Muuntajien nimellisjännitteiden on oltava yhtä suuret.
- Oikosulkuimpedanssit muuntajien välillä voivat erota toisistaan korkeintaan 10 %.
- Toisiojännitteiden on oltava samansuuntaiset.

Viimeisen ehdon täytyminen vaatii sen, että muuntajien kytkennöillä on sama tunnusluku. Kytkentä voidaan kuitenkin toteuttaa, jos eri tunnuslukuisten kytkentöjen tunnus-

luvut poikkeavat 120° . Tällöin voidaan toisiojännitteet saada samansuuntaisiksi kytke-mällä muuntajien toisionavat sopivasti risteillen. (Hietalahti 2011, 27.)

2.2 Muuntajatyypit

Muuntajia valmistetaan erilaisiin käyttökohteen mukaisiin tarkoituksiin. Tehonsiirtoon käytetään voima- eli tehomuuntajia. Tehomuuntajat on tarkoitettu sähkönsiirtoon ja -jakeluun (Aura & Tonteri 1994, 267.)

Mittamuuntajia käytetään muuttamaan virta tai jännite mittakojeille ja releille sopivaksi. Mittamuuntajia on käytössä niin jakeluverkossa, kuin pienissä keskustason mittalaitteis-sa. Niiden koko valitaan käyttökohteen mukaan. (Aura & Tonteri 1994, 267.)

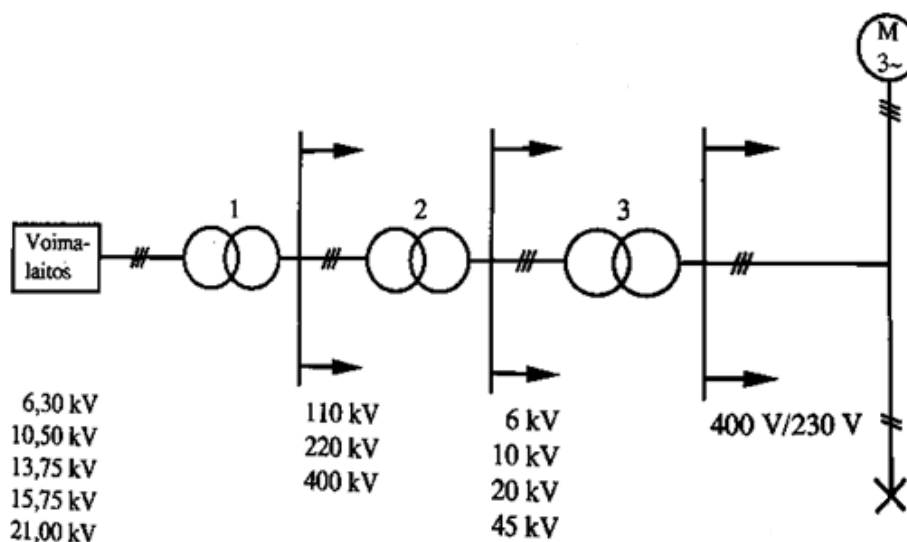
2.2.1 Tehomuuntajat

Tehomuuntajia käytetään suurentamaan ja pienentämään jännitetasoa sähköverkon vaa-timusten mukaisesti. Suurin vaatimus on siirtoverkon johdinpoikkipinta-alan verrannol-lisuus jännitteeseen (kaava 8). Kaavasta 8 voidaan todeta, että mitä suuremmalla jännit-teellä teho P siirretään matkalla s, niin sitä pienempi on tarvittava johtimen poikkipinta-ala A. (Aura & Tonteri 1994, 268.)

$$A = 100 \times \frac{P \times s}{p \times \gamma \times U^2}, \quad (8.)$$

missä A on johtimen pinta-ala, P on siirtoteho, s on siirtomatka, U on pää-jännite, γ on johdinaineen konduktiivisuus ja p on jännitteen alenema pro-senteina.

Voimalaitosten generaattorit eivät pysty rakenteellisista syistä tuottamaan kuin noin 20 kV jännitteen. Tästä syystä käytetään voimalaitosmuuntajia nostamaan jännite sopivaksi kantaverkolle, eli 110-400 kV. Tämän jälkeen jännite pienennetään välijännitemuunta-jilla 20 kilovolttiin, mikä on yleisin jakeluverkon jännite. Jakelumuuntajilla jännite pu-dotetaan kuluttajille sopivaksi, eli 400/230 volttiin. Suomessa on käytössä vain standar-doidut jännitetasot. Kuvassa 5. esitetään periaatteellinen vaihtosähkönsiirto voimalai-toksilta kuluttajille. (Aura & Tonteri 1994, 267.)



Kuva 5. Muuntajien käyttö sähkösiirtoverkossa. (Aura & Tonteri 1994, 268.)

2.2.2 Mittamuuntajat

Mittamuuntajat voidaan jakaa kahteen ryhmään, virta- ja jännitemuuntajiin. Virtamuuntajilla muunnetaan virtaa ja jännitemuuntajilla jännitettä laitteille sopivaan arvoon. Mittamuuntajien tehtäviin kuuluu erottaa mittarit ja releet päävirtapiiristä suojaten näin laitteet suurilta jännitteiltä ja ylikuormituksilta. Niiden avulla mittarit ja releet voidaan sijoittaa kauemmaksi varsinaisesta mittauspisteestä. Tällöin on mahdollista keskittää eri laitteet yhteen paikkaan. Mittamuuntajien tarkoitus on yleensä pienentää virtaa tai jännitettä, siksi ensiökäämissä on enemmän johdinkierroksia kuin toisiokäämissä. (Elovaara & Laiho 2007, 271; Aura & Tonteri 1995, 293–300)

Mittamuuntajien rakenne vaihtelee käyttökohteen mukaan. Kaapelivirtamuuntajia joita käytetään mittaamaan johtimessa menevää virtaa. Tällaisessa muuntajassa ensiökääminä toimii muuntajan läpi menevä kaapeli tai kisko (Kuva 6.). Sähköasemilla käytetään ulosasetettavia öljyeristeisiä virtamuuntajia, joiden ensiönavat ovat muuntajan yläosassa ja toisionavat alaosassa (Kuva 7.). Jännitemuuntajat ovat rakenteeltaan samantyyppisiä kuin virtamuuntajat. (Elovaara & Laiho 2007, 277.)



Kuva 6. Kaapelivirtamuuntaja (ABB Oy, hakupäivä 23.5.2014)

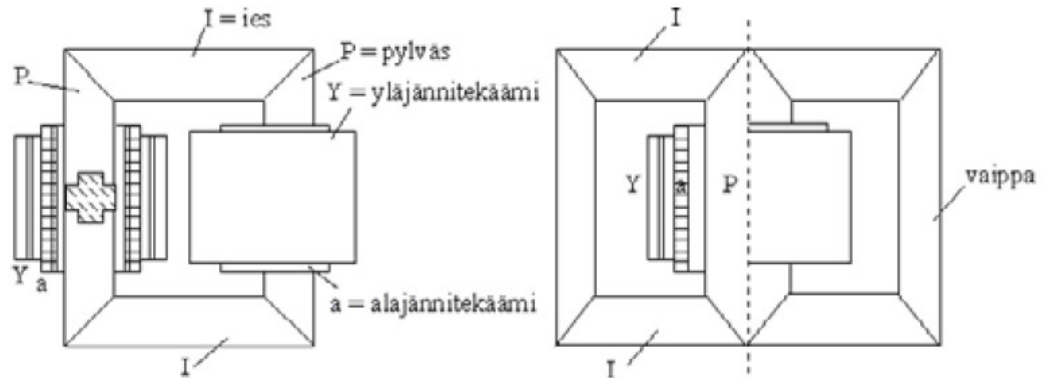


Kuva 7. Virtamuuntaja sähköasemalla (Paulava 2005, hakupäivä 9.4.2014)

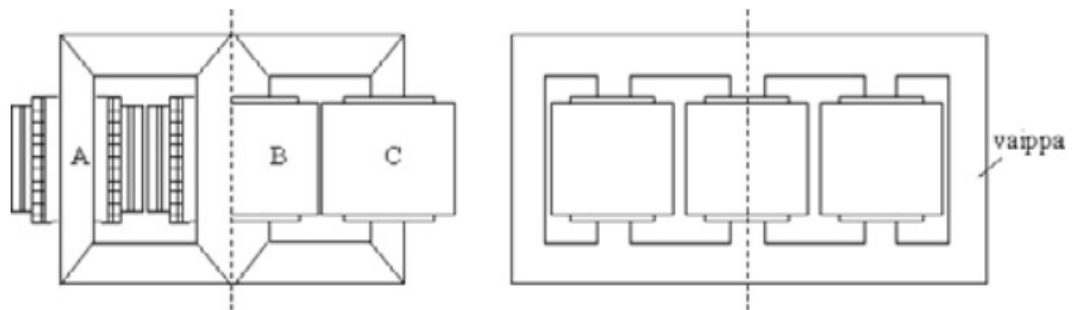
2.3 Tehomuuntajan rakenne

Muuntaja on sähkölaite, jonka aktiivisina osina toimii käämitykset ja rautasydän. Rautasydän koostuu pylväistä sekä niitä yhdistävistä ikeistä, kuten kuvassa 8a. Nämä yhdessä muodostavat suljetun magneettipiirin. Yksivaihemuuntajassa on kaksi käämiä, ensiökäämi ja toisiokäämi. Komivaiheisessa on kolme ensiökäämiä ja kolme toisiokäämiä. Hajavuon ja hajareaktanssin minimoimiseksi ensiökäämi ja saman vaiheen toisiokäämi yleisesti on käämitty päällekkäin samalle pylväälle. Toisiokäämi käämitään yleisesti lähimmäksi sydäntä ja ensiökäämi sen päälle. Käämimateriaalina käytetään alumiinia tai kuparia. (Korpinen 1998, 2.)

Muuntajarakenteita on kahdenlaisia, on vaippamuuntajia ja sydänmuuntajia. Kuvassa 8a on sydänmuuntaja jonka käämit on jaettu kahtia molemmille pylväille ja kuvassa 8b on vaippamuuntaja jossa käämitys on keskipylväällä. Kolmivaiheisia vaippamuuntajia käytetään harvemmin sillä ne ovat paljon raskasrakenteisempia kuin sydänmuuntajat. Sydänmuuntajissa on kolme pylvästä kun taas vaippamuuntajassa niitä on viisi (Kuva 9). Tämä tekee sydänmuuntajista halvempia rakentaa ja eristys- ja jäähdytysrakenteista yksinkertaisempia. (Korpinen 1998, 2)



Kuva 8 a) Yksivaiheinen sydänmuuntaja b) Yksivaiheinen vaippamuuntaja (Korpinen 1998, svt-opus)

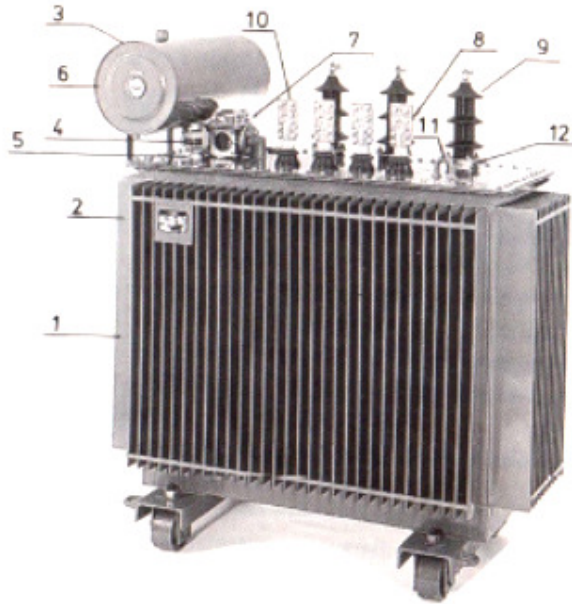


Kuva 9. Kolmivaihemuuntajan rakenne. (Korpinen 1998, svt-opus)

2.3.1 Öljyeristeiset tehomuuntajat

Öljymuuntajat voidaan jakaa kahteen ryhmään, paisuntasäiliöllisiin öljymuuntajiin ja hermeettisiin öljymuuntajiin. Niiden eristeaineena toimii muuntajaöljy, johon lisätty inhibiitti joka hidastaa vanhenemista. Paisuntasäiliöiset öljyeristeiset muuntajat ovat yleisimpiä tehomuuntajia, niitä käytetään suurtehomuuntajina ja jakelumuuntajina. Muuntaja käämeineen on upotettu öljysäiliöön ja säiliö on täytetty muuntajaöljyllä. Säi-

liö ei ole täysin ilmatiivis, vaan se ”hengittää” öljyn tilavuuden muuttuessa lämpötilan vaihdellessa. Tämän takia muuntajiin asennetaan paisuntasäiliö, johon laajentunut öljy ja ilmasta tuleva kosteus kerääntyy. Paisuntasäiliöön kertynyt kosteus voidaan poistaa säiliön pohjassa olevan tyhjennystulpan kautta. Kuvassa 10. on esitetty paisuntasäiliöllä varustetun muuntajan osat. (Aura & Tonteri 1994, 284.)



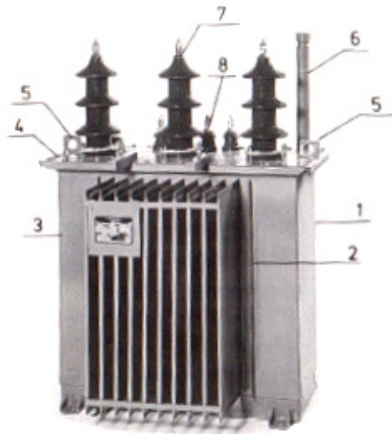
Kuva 10. Paisuntasäiliöinen jakelumuuntaja. (Aura & Tonteri 1995, 284.)

Alla on lueteltu kuvassa 10. esitetyn muuntajan osat:

1. öljysäiliö
2. arvokilpi
3. paisuntasäiliö
4. lämpömittari
5. lämpömittaritasku
6. öljynkorkeuden osoitin
7. kaasurele
8. alajänniteliittimet
9. yläjänniteliittimet

10. tähtipiste
11. nostosilmukat
12. väliottokytkimen säädin.

Hermeettisissä öljymuuntajissa ei ole paisuntasäiliötä, vaan ne on hermeettisesti suljettu. Hermeettinen sulkeminen tarkoittaa sitä, että muuntajan säiliö on täynnä öljyä ja se on kaasutiivis, eli öljy ei pääse ilman kanssa kosketuksiin. Öljysäiliön jäähdytysaallot ovat joustavia, tällöin säiliön seinämät antavat periksi kun muuntajaöljy laajenee lämmön vaikutuksesta. Säiliöt on suunniteltu kestämaan koviakin lämpötilan ja öljyn tilavuuden muutoksia. Hyviä ominaisuuksia hermeettisissä muuntajissa on se että ne voidaan tehdä rakenteeltaan pienemmäksi ja niiden sisältämä öljy vanhenee hitaammin kuin paisuntasäiliöisissä muuntajissa. Kuvassa 11 on esitetty hermeettisen öljymuuntajan osat. (Aura & Tonteri 1994, 285.)



Kuva 11. Hermeettisesti suljettu öljymuuntaja (Aura & Tonteri 1994, 285.)

Alla on lueteltu kuvassa 11. esitetyn muuntajan osat:

1. öljysäiliö
2. joustavat jäähdytysaallot
3. arvokilpi
4. muuntajan kansi
5. nostosilmukat

6. täyttöputki
7. ensiöliittimet
8. toisioliittimet.

2.3.2 Kuivamuuntajat

Kuivamuuntajat on kehitetty tiukentuvien ympäristövaatimuksien vuoksi, sillä öljymuuntajat eivät paloherkän ja ympäristölle haitallisen öljyn vuoksi sovellu kaikkialle. Kuivamuuntajat voidaan jakaa ilmajäähdytteisiin avokäämimuuntajiin ja valuhartsieristeisiin muuntajiin. (Hietalahti 2011, 32 - 33.)

Avokäämisiä muuntajia voidaan käyttää kuivissa ja pölyttömissä paikoissa, koska avoimet käämit ei kestä juuri yhtään kosteutta. Valuhartsieristeiset muuntajat taas kestävät erittäin hyvin ympäristön vaikutuksia, kuten pakkasta ja kosteutta. Niillä on myös hyvä jännitekestoisuus hartsieristeen ja kerroskäämirakenteen ansiosta. Kuivamuuntajia käytetään yleensä jakeluverkossa ja niitä valmistetaan 36 kV käyttöjännitteelle asti. Kuvassa 10 on esimerkki ABB:n valmistamasta valuhartsieristeisestä kuivamuuntajasta. (Hietalahti 2011, 32 - 33.)



Kuva 10. Valuhartsieristeinen kuivamuuntaja. (ABB)

2.4 Sähköisiä tekijöitä

Muuntajiin kohdistuu monenlaisia sähköisiä tekijöitä; kuten epälineaarista kuormitusta, epäsymmetristä kuormitusta, jännitteen alenemaa, jännitehäviöitä ja loistehoa. Nämä voivat vaikuttaa muuntajan elinikään heikentävästi. Muuntajien rakenteelliset ominai-

suudet ja muuntajaan kytketty kuorma vaikuttavat sähköisten tekijöiden ominaisuuksiin. (Korpinen, Mikkola, Keikko & Flack 2008, Yliaalto-opus.)

Muuntajat pyritään rakentamaan siten, että niiden ominaisuudet säilyisivät mahdollisimman hyvinä. Muuntajien valintaa tehtäessä tulee ottaa huomioon kaikki sähköiset häiriöt ja niiden mahdolliset vaikutukset verkkoon. Vääränlainen muuntaja voi aiheuttaa vakavia ongelmia syötettävässä verkossa ja muuntajan toiminnassa. (Korpinen, Mikkola, Keikko & Flack 2008, Yliaalto-opus.)

2.4.1 Epälineaarinen kuormitus

Epälineaarinen kuormitus syntyy siitä kun verkkoon kytketään laitteita, joiden ottama virta ei ole sinimuotoista. Tällainen kuormitus aiheuttaa verkkoon perustaaajuutta suurempia taajuuksia, näitä kutsutaan harmonisiksi tai epäharmonisiksi yliaalloiksi.

Eniten yliaaltoja verkkoon aiheuttaa:

- Tasasuuntaajat
- ATK-laitteet
- teollisuudessa käytettävät tyristorikytkimet
- valokaariuunit
- purkaus- ja loistelamput
- oikosulkumoottorit.

Muuntajan tyhjäkäyntihäviöt ovat riippuvaisia jännitteestä ja taajuudesta. Tästä johtuen yliaallot suurentavat tyhjäkäyntihäviöitä. Normaalisti verkossa esiintyvät yliaallot aiheuttavat noin 1-2 % suuremmat tyhjäkäyntihäviöt jakelumuuntajissa. Yliaallot vaikuttavat myös muuntajan kuormitushäviöihin suurentavasti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos järjestelmässä on tiedettävästi paljon yliaaltoja, niin pitäisi muuntajan kuormitusta vähentää 20–30 % nimellisestä. Muuntaja voi muuten ylikuumentaa ja vioittua. (Korpinen, Mikkola, Keikko & Flack 2008, Yliaalto-opus.)

2.4.2 Epäsymmetrinen kuormitus

Epäsymmetrinen kuormitus, toisin sanoen vinokuormitus tarkoittaa tilaa, jossa kaikkia kolmivaihejärjestelmän vaiheita ei kuormiteta tasaisesti. Muuntajalle tämä on haitallista, koska vinokuorma aiheuttaa jännite-epäsymmetriaa ja yliaaltoja. Jännite-epäsymmetria on erityisen haitallista, sillä silloin kuorman virratkin muuttuvat ja aiheuttavat muuntajan lämpenemistä. (Huurinainen 2006, 40.)

Muuntajien kytkentäryhmillä on oleellinen osa epäsymmetrian vaikutuksiin. Huonoiten epäsymmetriaa kestävä Yy-kytkennät, joissa sekä ensiö- että toisiopuoli on kytketty tähteen. Yleisimmin jakelumuuntajissa käytetään Dy-kytkentää, jonka ensiökäämit on kytketty kolmioon ja toisiokäämit tähteen. Kytkenä kestää paremmin vinokuormaa kuin Yy-kytkentä. Parhaita kytkentöjä epäsymmetriaa ajatellen kuitenkin ovat hakatäh-tikytkennät, kuten esim. Dz6. (Aura & Tonteri 1995, 238; Huurinainen 2006, 40.)

2.4.3 Jännitteen alenema ja jännitehäviö

Muuntajan kuormitusvirrat aiheuttavat käämien vastuksissa jännitehäviöitä. Virrat muodostavat ensiö- ja toisiokäämeihin hajavuot Φ_1 ja Φ_2 . Hajavuot aiheuttavat yhdessä käämitysten kanssa hajareaktanssit X_1 ja X_2 . (Aura & Tonteri 1995, 276.)

Kuormitusvirrat aiheuttavat käämien resistanssien kanssa resistiivistä jännitehäviötä, sekä hajareaktanssien kanssa induktiivista jännitehäviötä. Nämä tulee ottaa huomioon muuntajaa käyttöönotettaessa ja muuntaja valintaa tehtäessä. (Aura & Tonteri 1995, 276.)

2.4.4 Loisteho

Näennäisteho S koostuu pätötehosta P ja loistehosta Q (kaava 9.). Pätöteho on työtäte-kevä tehonosa ja loisteho ovat sähkölähteen ja kulutuskojeen välillä loisena heiluvaa tehoa. Loisteho ei tee työtä vaan kuormittaa verkkoa. Loistehoa on kahdenlaista, kapasitiivista ja induktiivista. (Aura & Tonteri 1995, 198; Korpinen 1998, 14.)

Muuntajat ja oikosulkumoottorit aiheuttavat induktiivista loistehoa, tätä pyritään kompensoimaan pienemmäksi. Kompensoinnissa käytetään kondensaattoreita, sillä ne aiheuttavat verkossa kapasitiivista loistehoa. Kapasitiivinen ja induktiivinen loisteho kumoavat toisensa. Muuntaja tarvitsee loistehoa magneettikentän ylläpitämiseen. Muunta-

jaa valittaessa tulee ottaa huomioon kompensoinnin tarve, ettei verkkoon siirry liikaa loistehoa. (Aura & Tonteri 1995, 198; Korpinen 1998, 14.)

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (9.)$$

2.4.5 Muuntajan kytkentäsysäysvirta

Kun muuntajaan kytketään jännite, se ottaa välittömästi kytkentähetken jälkeen verkosta magnetoimisvirran. Tämän suuruuteen vaikuttaa rautasydämessä oleva jäännösvuo eli remanenssi, sekä kytkentähetki. Virta on suurimmillaan silloin kun kytkentä tapahtuu jännitteen nollakohdassa, koska tällöin muuntajan magneettivuo on huippuarvossaan. Kytkentäsysäysvirta voi pahimmillaan olla 8-10-kertainen muuntajan mitoitusvirtaan verrattuna. Virta vaimenee kytkentähetken arvosta melko nopeasti, sillä muuntajan ja verkon häviöt pienentävät sitä. Sysäysvirran kesto aika riippuu muuntajan rakenteesta. Virta vaimenee 0,1-10 sekunnissa noin puoleen suurimmasta arvostaan. (Elovaara & Haarla 2011, 153 - 154.)

Kytkeäsysäysvirta voi aiheuttaa turhia suojiin laukeamisia. Suojareleet saattavat luulla sysäysvirtaa oikosuluksi ja erottaa muuntajan verkosta. Kytkentäsysäys virta aiheuttaa myös yliaaltoja vaihevirroissa ja niitä hyödynnetäänkin suojareleiden turhien laukeamisten estämisessä. Muuntajan suojiin on yleisesti asennettu yliaaltosalpareleet, jotka havaitsevat kytkentäsysäysvirran aiheuttaman 100 Hz:n yliaallon. Salpareleen havaitessa kytkentähetkellä tällaisen yliaallon, se estää suojan laukaisun. Sysäysvirtaa pyritään myös vaimentamaan käyttämällä niin sanottuja synkronoituja katkaisijoita, jotka sulkevat koskettimensa silloin kun jännitteet ovat huippuarvossaan. (Elovaara & Haarla 2011, 153 - 154)

3 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS SÄHKÖLABORATORIOISSA

Standardissa SFS 6000-8-803 käsitellään sähkölaitekorjaamoita ja oppilaitosten opetus- käytössä olevia sähkölaboratorioita. Tällaisissa tiloissa saa olla kosketeltavana yli 50 V ja enintään 1000 V vaihtojännitteitä sekä yli 120 V ja enintään 1500 V tasajännitteitä. Pienjännitelaitteiden testauksessa saa esiintyä enintään 10 kV jännitteitä, jos virta ei ylitä 10 mA. (SFS 600-1 2012, 585.)

3.1 Perussuojaus

Opetuskäyttöön tehtyjen sähkölaboratorioissa tehtävien töiden luonteen vuoksi niissä ei voida aina käyttää testattavissa laitteissa perussuojausta eristyksen tai koteloinnin avulla. Mittauksissa on käytettävä kytkeä- ja mittajohtoina sellaisia johtoja jotka on suojattu vahingossa tapahtuvalta kosketukselta. Laboratorioiden kytkennöissä käytettävien naparuuvien on oltava kosketusjännitesuojattuja. Laboratorioissa käytettäviä mittapäitä ja virtapihtejä koskevat standardit EN 61010-031 ja EN 61010-2-032. (SFS 600-1 2012, 586.)

Sähkölaboratorioihin on luvallista päästä vain opastettuja ja ammattitaitoisia henkilöitä. Maallikot saavat päästä kyseisiin tiloihin vain opastetun tai ammattitaitoisen henkilön valvonnassa. Sähkölaboratorion oviin ja kulkuteille on laitettava kilvet, jotka kieltävät asiattomien henkilöiden pääsyn tiloihin. Kuvassa 11 on esitetty eräänlainen kielto- kyltti, jonka voi sähkölaboratorion oviin asentaa. (SFS 600-1 2012, 586.)



Kuva 11. Kielto- kyltti sähkötiloihin. (Oy Eurofire Ab, hakupäivä 25.4.2014.)

3.2 Vikasuojaus

Sähkölaboratorioiden laitteille on aina järjestettävä standardin SFS 6000-4-41 mukainen vikasuojaus. Vikasuojauksella suojaudutaan vaaratilanteilta, jotka aiheutuvat jännitteisten osien tai vikatapauksessa jännitteelliseksi tulleiden osien ja maan potentiaalissa olevien samanaikaisesta koskettamisesta. Vikasuojausta täydennetään laboratoriotilojen lattioiden ja työpöytien kosketeltavissa olevien pintojen eristyksellä. Pintojen eristysresistanssin tulee olla riittävän suuri, yli 100 k Ω kun nimellisjännite on yli 500V. Vikasuojina käytetään seuraavia menetelmiä:

- Pienoisjännitettä SELV tai PELV
- suojaerotusta (suojaerotusmuuntaja)
- syötönautomaattista poiskytkentää ja lisäsuojauksena enintään 30 mA vikavirtasuojakytkintä.

Kaikki sähkölaboratorioiden enintään 32 A pistorasiat tulee suojata enintään 30 mA vikavirtasuojalla. (SFS 600-1 2012, 586.)

3.3 Erottaminen ja kytkentä

Sähkölaboratorioiden mittauksissa käytettävät jännitteet on voitava katkaista standardin SFS 6000-5-53 kohdan 537.2.2 mukaisella erotuskytkimellä. Erotuskytkin on oltava lukittavissa, etteivät oppilaat pääse tekemään mittauksia ilman valvontaa. Sähkölaboratorioista tulee löytyä jokaiselta työskentelyalueelta hätäkytkentään tarkoitettu painike tai kytkin, eli ns. hätä-seis kytkin. Kytkimen tai painikkeen tulee olla helposti havaittavasti paikassa ja sen tulee olla tunnistettavissa käyttäen punaista kytkintä keltaisella pohjalla. Kuvassa 12 on esitetty tällainen hätäkytkin. (SFS 600-1 2012, 587.)

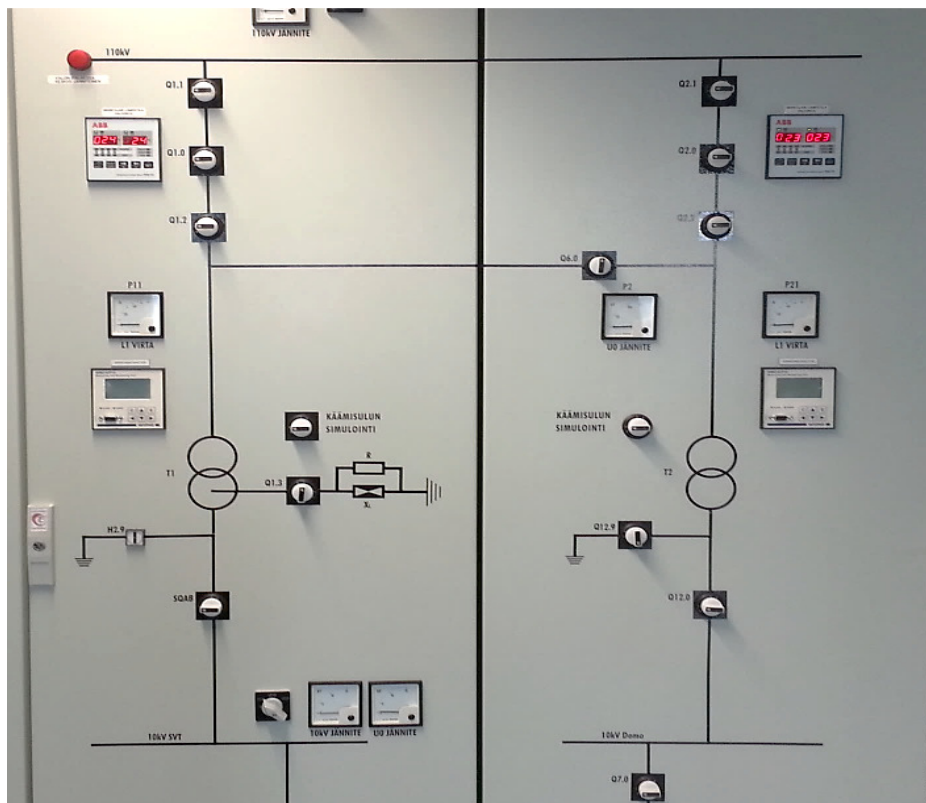


Kuva 12. Hätä-seis painike. (Taloon Yhtiöt Oy, Hakupäivä 25.4.2014.)

4 TEHOMUUNTAJIEN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Sähkövoimatekniikanlaboratorioon on laboratoriohankkeen aikana hankittu kolme ilma-jäähdytteistä kuivamuuntajaa. Muuntajia tullaan käyttämään opetuksessa sähkövoimatekniikan laboratoriotöissä. Kaksi muuntajista on teholtaan 32 kVA ja yksi 16 kVA. 32 kVA muuntajat nimettiin LT1:si ja LT2:si ja 16 kVA muuntaja nimettiin LT3:si. Muuntajat LT1 ja LT2 rakennettiin liikuteltaviksi ja muuntaja LT3 on laboratorio hankkeen aikana asennettu kiinteästi laboratorioon.

Sähkövoimatekniikanlaboratorioon on myös rakennettu 110/10 kV testilaitteisto. Tätä laitteistoa pystytään käyttämään monenlaisiin opetustarkoituksiin. Sillä pystytään simuloimaan sähköverkon rakenteiden toimintaa ja käyttöä. Laitteistossa on 10 kV generaattori-, moottori-, muuntaja- ja johtolähtö, joissa jokaisessa on oma ohjattava katkaisijansa. Näistä tähän työhön liittyy 10 kV muuntajalähtö H05. Kuvassa 13 näkyy 110 kV kenttä, josta ohjataan 10 kV kojeistoa. Kuvassa 14 on muuntajalähtö H05, kuvassa vasemmalla ylhäällä näkyy ABB:n valmistama rele RET615. Releellä ohjataan muuntajalähdön katkaisijaa. Muuntajalähdön H05 katkaisijalla ohjataan muuntajaa LT3.



Kuva 13. 110 kV kenttä.

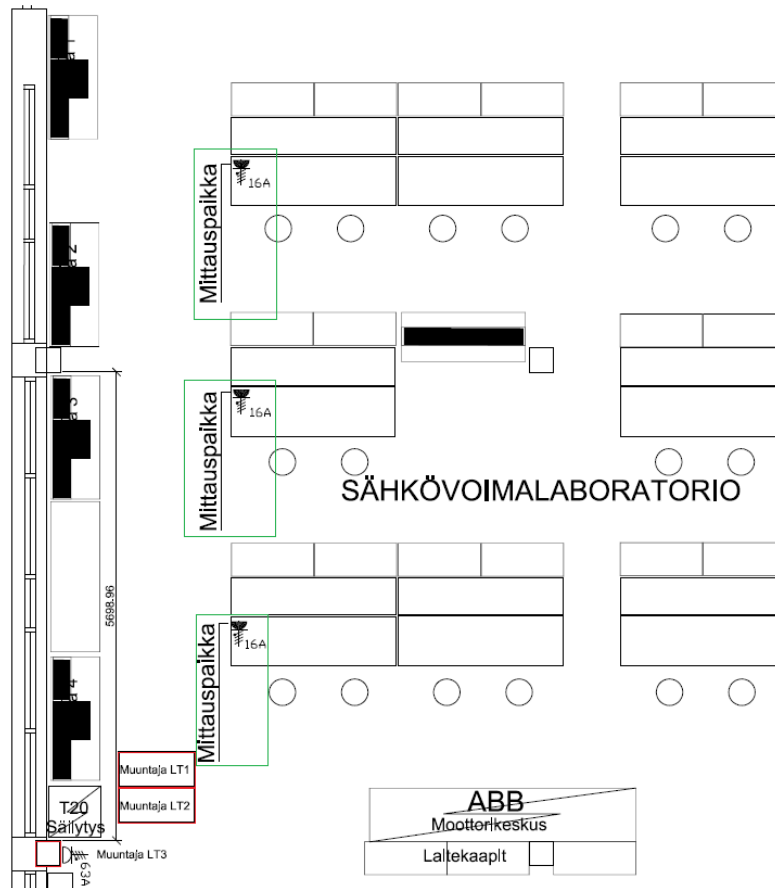


Kuva 14. 10 kV:n muuntajalähtö H05.

4.1 Sähkövoimatekniikan laboratorion layout

Muuntajatoita suunniteltaessa tuli ottaa huomioon muuntajien ottama käynnistysvirta. Muuntajatoissa muuntajilla LT1 ja LT2 joudutaan käynnistysvirran takia käyttämään laboratoriosta löytyviä jännitevaunuja, sillä niillä jännite voidaan nostaa hitaasti nimelliseen. Jännitevaunut tarvitsevat 16 ampeerin kolmivaiheisen pistorasian. Sähkövoimatekniikanlaboratoriossa olevissa työpöydissä on useita kolmivaiheisia lähtöjä. Näistä töissä voidaan käyttää vain laboratorion vasemmassa laidassa sijaitsevien (Kuva 15) työpöytien 16 A lähtöjä. Laboratorion muiden pöytien vikavirtasuojat olivat liian herkkiä, jotta mittauksia olisi pystytty näissä suorittamaan.

Kuvassa 15 on esitetty sähkövoimatekniikanlaboratoriossa käytettävien työpöytien sijoituspaikat. Kuvaan on merkitty punaisella muuntajien LT1 ja LT2 säilytyspaikka, sekä että mihin muuntaja LT3 on asennettu. Muuntajilla tehtäviä laboratoriotöitä voidaan tehdä vihreällä merkityissä mittauspaikoissa.



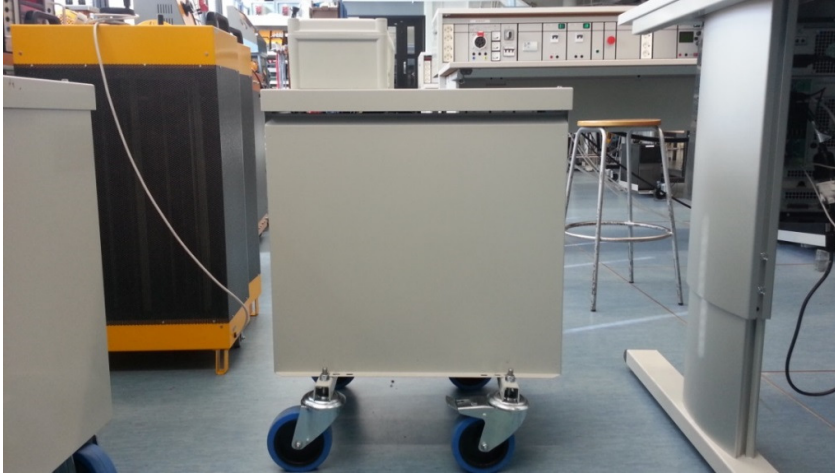
Kuva 15. Muuntajien ja mittauspaikkojen sijoitus

4.2 LT1 ja LT2, 32 KVA tehomuuntajat

Opinnäytetyöhön kuului muuntajien LT1 ja LT2 rakenteellinen modifiointi opetustarvokoitukseen sopivaksi. Lähtökohtana oli muuntajien helppo liikuteltavuus ja mittauskytkentöjen tekeminen turvallisesti. Muuntajat LT1 ja LT2 ovat rakenteeltaan samanlaisia, molemmissa on kevyt peltinen suojakotelo. Muuntajien LT1 ja LT2 datalehdet ovat liitteessä 11.

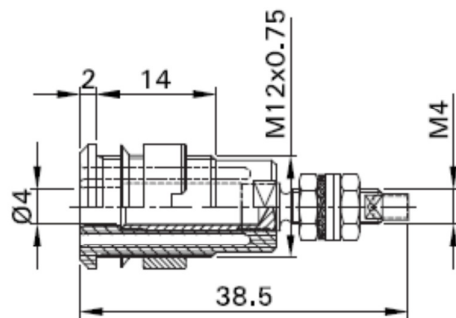
Liikuteltavuuden parantamiseksi asensin muuntajien alle pyörät. Molempien muuntajien alle tuli 4 pyörää, joista kaksi oli jarrullisia. Kuvassa 16 on valmis muuntaja, kuvasta

näkee myös alle asennetut pyörät. Pyörät olivat Tenten valmistamia halkaisijaltaan 100 mm teollisuuspyöriä. Liitteessä 1 on pyörien tarkat mittakuvat.

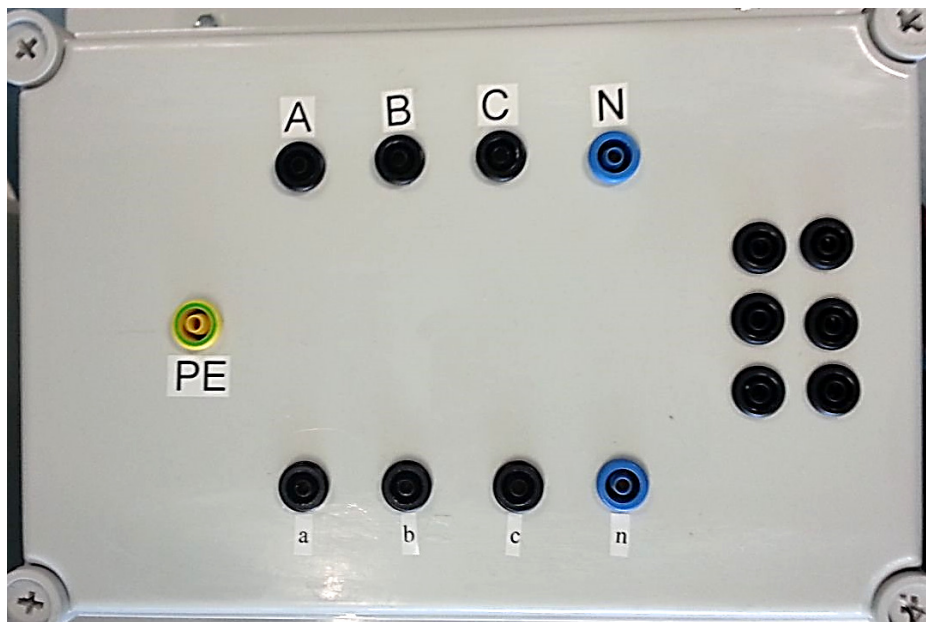


Kuva 16. Muuntaja LT2

Laboratoriotöiden tekemistä helpottaakseni asensin muuntajien kannelle kytkentäkotelot, joille toin muuntajan ensiö- ja toisiokäämien päät. Kytchentäkotelot ovat Fiboxin valmistamia muovikoteloita, niiden tarkat mitat on esitetty liitteessä 2. Laboratoriotöissä käytetään kosketussuojattuja kytkentäjohtimia, joten asensin koteloihin näille johtimille sopivat liittimet. Ne olivat Farnellin valmistamia 1kV ja virtakestoisuudeltaan 32 A pikaliittimiä, Kuvassa 17 on mittakuva liittimistä. Toin johtimet muuntajien sisällä olevilta riviliittimiltä kanteen tekemäni läpiviennin kautta kotelon liittimille. Johtimet tulivat kiinni kaapelikengillä. Johdotuksessa käytin 6 mm^2 monisäikeisiä johtimia. Kuvassa 18 on kytkentäkotelon kansi, jolle kytkennät laboratoriotöissä tehdään. Kuvassa 19 on kytkentäkotelon sisälle tekemäni kytkennät. Toin myös muuntajan käämilämpöantureiden johtimet kotelon kanteen, näissä käytin $2,5 \text{ mm}^2$ johtimia. (Kuvassa 18 oikealla).



Kuva 17. Liittimen mitat



Kuva 18. Kytentäkotelo



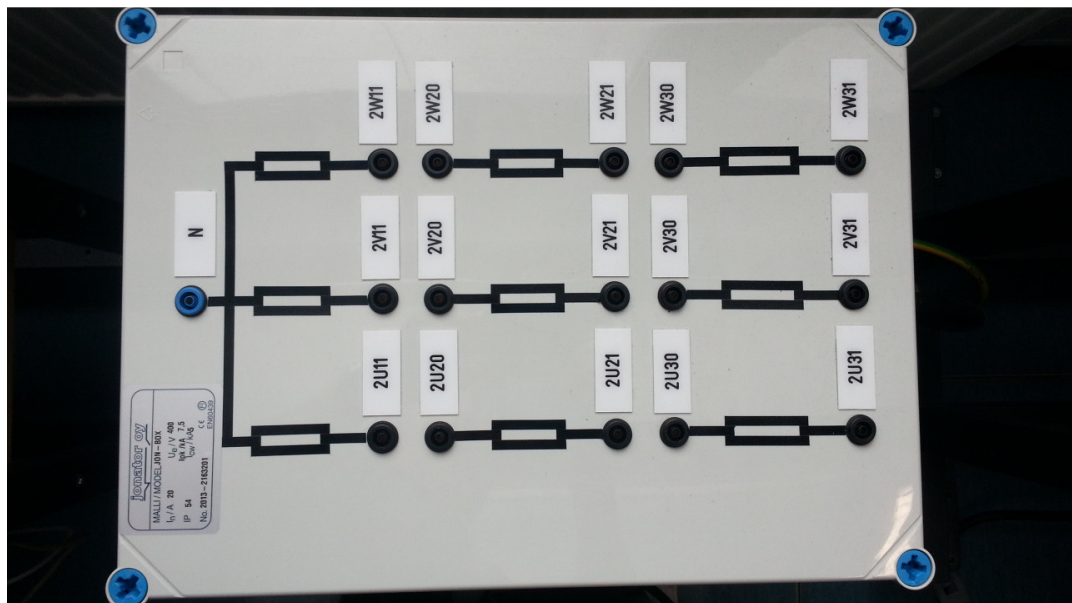
Kuva 19. Kytentäkotelon kytkennät

4.3 16 kVA muuntaja LT3

Muuntajan LT3 käyttö eroaa muuntajista LT1 ja LT2 huomattavasti, sillä sitä käytetään 10 kV kojeiston kautta. Muuntaja on siis asennettu kiinteään paikkaan laboratorioon ja sillä tehtävien mittausten ohessa voidaan opiskelijoita perehdyttää käyttämään 10 kV kojeistoa. Laboratoriotöitä tehtäessä muuntajalla LT3 on se ensin kytkettävä jännitteiseksi. Tähän tarkoitukseen on laadittu kytkentäohjelmia, joita noudattamalla saadaan kojeistot otettua käyttöön. 110 kV kentän ja 10 kV kojeiston jännitteiseksi tekeminen voidaan suorittaa neljällä erilaisella kytkentätavalla. Nämä kytkentätavat löytyvät liit-

teistä 3- 6, joissa on esitelty kytkentäohjelmat 101 (liite 3.), 102 (liite 4.), 103 (liite 5.) ja 104 (liite 6.). Muuntajalähtö H05:lle on oma kytkentäohjelma 205, jota noudattamalla muuntaja LT3 saadaan jännitteiseksi. Kytkentäohjelma 205 on liitteessä 7.

LT3:sen käyttö laboratoriotöissä osoittautui ajateltua haastavammaksi, sillä muuntajan jokaisen vaiheen toisiokäämit on jaettu kolmeen osaan. Tämä hankaloittaa kytkentöjen tekemistä, sillä yleensä esimerkiksi hakatähti kytkennöissä käämit on jaettu kahteen osaan. Muuntajan datalehdistä löytyy käämien piirustukset. Datalehdet ovat liitteessä 12. Kuvassa 20 näkyy muuntajan LT3 kytkentäkotelon, jolle toisiopuolen käämit on tuotu. Muuntajan ensiöpuoli on sisäisesti kytketty kolmioon, mikä rajaa muuntajalla tehtävien kytkentöjen määrää. Laboratoriotyöohjeita suunniteltaessa täytyi ohjeisiin määrittää ne kytkennät, jotka muuntajalla voidaan toteuttaa. Muuntajalla LT3 tehtävien erilaisten kytkentöjen laajuutta voitiin hieman lisätä käyttämällä vain 1/3 osaa toisiopuolen käämeistä. Kytkennöissä jätetään käyttämättä kuvassa 20 näkyvät N, 2U11, 2V11 ja 2W11 liittimet, jolloin lopuilla liittimillä voidaan tehdä enemmän kytkentöjä. Mahdollisia kytkentöjä ovat Dy, Dd, ja Dz eri tunnusluvuilla (katso kuva 4.).



Kuva 20. Muuntajan LT3 kytkentäkotelon

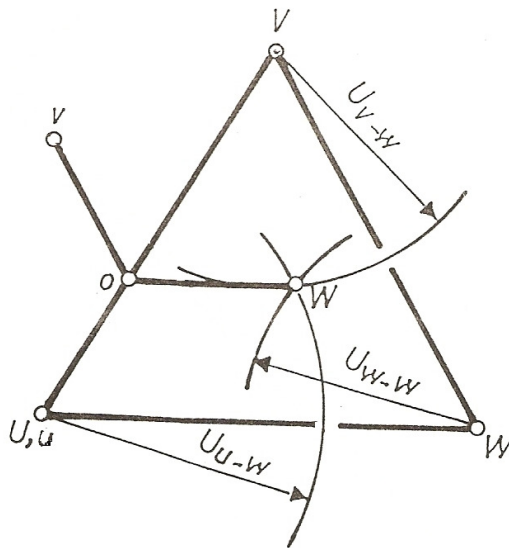
4.4 Muuntajilla tehtävät laboratoriotyöt

Opinnäytetyöhön kuului myös muuntajia koskevien laboratoriotyöohjeiden suunnittelu ja vanhojen ohjeiden päivitys. Käytin töiden suunnittelussa pohjana vanhoja laboratoriotyöohjeita, jotka oli suoraan otettu Hannes Ignatiuksen 1981 kirjoittamasta sähkölaboraatiot II sähkökoneet kirjasta. Apuna käytettiin myös vanhoja dokumentoimattomia laboratoriotöitä. Liitteestä 8 on rinnankytkentätyön työohje esimerkkinä tehdyistä neljästä työohjeesta.

4.4.1 Muuntosuhteen ja kytkentäryhmän määrittäminen

Tämän laboratoriotyön tarkoituksena on oppia muuntajan muuntosuhteen ja kytkentäryhmän vaikutuksista käytännössä sekä mitata muuntajan tasavirtavastukset. Aluksi työssä mitataan muuntosuhdetta eri kytkennöissä. Mittauskytkentöinä käytetään kytkentöjä Yy0, Dd0, Dz0, Dy5, Dd6, Dz 6 ja Dy11. Tehtävänä on mitata kaikki pää- ja vaihejännitteet jokaisella kytkennällä ja laskea muuntajan muuntosuhde μ .

Työn toisessa osassa opiskelijan pitää määrittää muuntajan kytkentäryhmä piirtämällä. Ensin opiskelija mittaa muuntajan vaihe- ja pääjännitteet kytkennöissä Dy11 ja Yy0. Mitattujen jännitteiden avulla piirretään osoitinpiirros jännitteistä. Kuvassa 21 on esimerkki piirros työssä piirrettävästä osoitinpiirroksista. Lopuksi työssä mitataan muuntajan tasavirtavastukset. Mittaus suoritetaan 1-3 voltin tasajännitteellä ja vastusarvot mitataan ensiö- ja toisionapojen väliltä



Kuva 21. Kytkentäryhmän määrittäminen piirtämällä.

4.4.2 Tyhjäkäynti- ja oikosulkukoe

Tässä laboratoriotyössä suoritetaan mitattavalle muuntajalle tyhjäkäynti- ja oikosulkukoe. Tyhjäkäyntikokeessa mitataan muuntajan ottama tyhjäkäyntiteho. Mittauksessa käytetään Metrixin PX120 tehomittareita, joilla voidaan mitata yhtäaikaaisesti jännitteet, virrat ja muuntajan ottama teho (kuvassa 22). Mittaustuloksista opiskelijan tulee määrittää muuntajan tyhjäkäyntivirta ja tyhjäkäynnintehokerroin $\cos \varphi$.



Kuva 22. Metrix PX120.

Oikosulkukokeessa opiskelija mittaa muuntajan oikosulkujännitteet, -virrat ja -tehot muuntajan toisionapojen ollessa kytkettynä yhteen eli oikosulkuun. Mittaukset suoritetaan ensiöpuolen vaiheiden väliltä. Tässäkin mittauksessa käytetään Metrixin PX120 mittareita. Mittaustuloksista määritetään oikosulkuimpedanssi ja -reaktanssi sekä suhteellinen oikosulkujännite.

4.4.3 Muuntajien rinnankäyttökoe

Tämän kokeen tarkoitus on perehdyttää opiskelija muuntajien rinnankäyttöön ja tehojen jakautumiseen kahden rinnankytketyn muuntajan välillä. Työssä käytetään muuntajia LT1 ja LT2 kytkennässä Yy0, sillä nämä ovat täysin samanlaiset toisiinsa nähden. Muuntajia kuormitetaan tähteenkytketyllä kolmivaiheisella vastuksella. Työssä toisen muuntajan eteen kytketään kolmivaiheinen vastus, jolla saadaan tehtyä epätasaisuutta tehojen jakautumiseen. Työhön kuuluu myös oikosulkukokeiden tekeminen molemmille muuntajille ja määrittää oikosulkujännitteet, mutta tähän voidaan käyttää oikosulkulaboratoriotyöstä saatavia mittaustuloksia. Näillä arvoilla opiskelijan tulee selvittää miten tehot jakautuvat muuntajien välille.

4.4.4 Vinokuormitusko

Tässä laboratoriotyössä opiskelija tutustuu epäsymmetrisen kuorman vaikutuksiin muuntajan eri kytkennöillä. Mittauskytkentöinä käytetään Yy0, Dz0, Dy5, Yz5, Dy11 ja Yz11. Työssä muuntajan toisipuolta kuormitetaan yksivaiheisesti, jolloin muuntajaan kohdistuu epäsymmetrinen kuormitus.

Opiskelijan tulee selvittää, että mitä epäsymmetrinen kuormitus aiheuttaa ensiö- ja toisiokäämeissä. Tehtävänä on myös selvittää onko eri kytkentäryhmien välillä eroavaisuuksia vinokuormalla. Tämän kokeen avulla opiskelijalla tulee käsitys siitä, että mitä epäsymmetrinen kuormitus aiheuttaa sähköverkkoon tosielämässä.

5 KÄYTTÖÖNOTTO JA TESTAUS

5.1 Määritelmät ja määräykset

Seuraavat määritelmät ja määräykset ovat suoria lainauksia SFS-käsikirja 600-2:sta. Määräykset ovat kauppa- ja teollisuusministeriön 1996 tekemästä sähkölaitteistojen käyttöönottoa ja käyttöä koskevasta päätöksestä.

”Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517”

”2 luku, sähkölaitteistojen käyttöönotto, pykälät 3 ja 4”

”Sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönottotarkastus, jossa riittävässä laajuudessa selvitetään, ettei sähkölaitteistosta aiheudu sähköturvallisuuslain (410/96) 5 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä. Käyttöönottotarkastuksesta tulee laatia sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja, jollei 2 momentissa muuta määrätä. Tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja.” (SFS 600-2, 2012, 35–36.)

”Käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ei edellytetä

- 1) sellaisista sähköalan töistä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä,*
- 2) nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisten tai 120 voltin tasajännitteisten sähkölaitteistojen asennuksista,*
- 3) yksittäisten komponenttien vaihdoista tai lisäyksistä taikka näihin verrattavista toimenpiteistä,*

- 4) yksittäisten kojeiden syöttöön liittyvistä muutostöistä enintään 1 000 voltin nimellisjännitteellä,
- 5) nimellisjännitteeltään enintään 1 000 voltin kytkinlaitoksiin kohdistuvista muutostöistä, joissa kytkinlaitoksen nimellisarvoja ei muuteta, eikä
- 6) sellaisen tilapäislaitteiston asennuksesta, joka on koottu standardien mukaisista työmaakeskuksista. (SFS 600-2, 2012, 35–36.)

”3 luku, sähkölaitteistojen käyttö, pykälät 10 ja 11.”

”Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että sähkölaitteistossa havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti. Sähkölaitteiston suoja-, turva- ja vastaavien järjestelmien määrävälein tehtävää huoltoa vaativien laitteiston osia varten on laadittava ennalta huolto- ja kunnossapito-ohjelma. Jos tällaisia huollettavia laitteiston osia on enintään 1 000 voltin nimellisjännitteisen liittymän sähkölaitteistossa vain muutama, voidaan erillinen huolto- ja kunnossapito-ohjelma korvata laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeilla.” (SFS 600-2, 2012, 35–36.)

5.2 Muuntajien LT1, LT2 ja LT3 käyttöönotto

Muuntaja LT3:lle ei tässä työssä tarvinnut tehdä käyttöönottoa, sillä se oli jo laboratoriohankkeen aikana asennettu paikalleen ja käyttöönotettu. LT3:lle tehtiin kuitenkin laboratoriotyöohjeiden suunnittelun yhteydessä mittauksia ja kokeita, joilla testattiin muuntajan soveltuvuutta sähkötekniikan laboratoriotöihin.

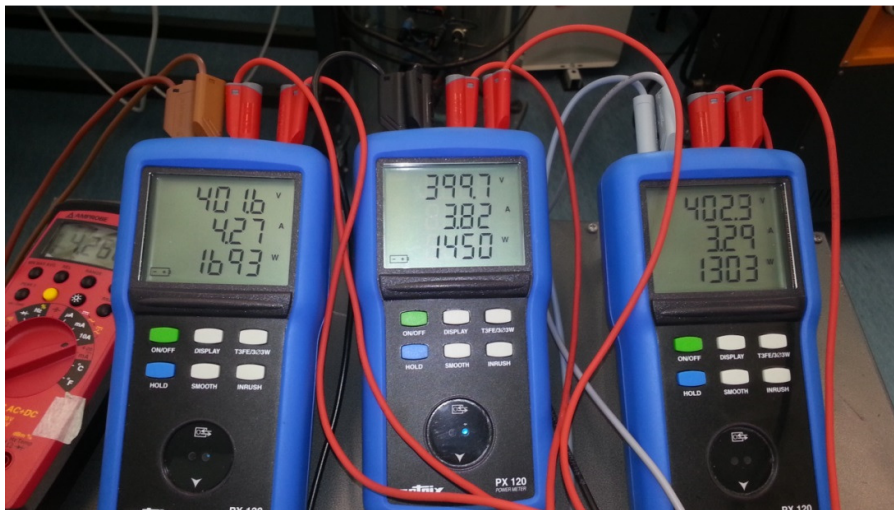
Muuntajille LT1 ja LT2 tehtiin perusteellisempi käyttöönottotarkastus. Käyttöönoton aikana mitattiin muuntajien jännitteet vaiheiden ja nollan välillä, eristysresistanssit ja suojojohdinten jatkuvuus. Kaikki mitatut arvot on merkitty tarkastuspöytäkirjoihin, jotka löytyvät liitteistä 9 ja 10. Näiden lisäksi muuntajille tehtiin tyhjäkäyntikokeet, joilla voitiin todeta että kuinka paljon muuntajat ottavat tehoa ja virtaa verkosta tyhjäkäynnin

aikana. Kokeen kytkennän voi nähdä kuvasta 23, muuntajan toisioliittimet ovat vapaana ja ilman kuormaa eli muuntaja on tällöin tyhjäkäynnissä.



Kuva 23. Tyhjäkäyntikokeen kytkentä

Kokeessa havaittiin kohtalaisen suurta eroa eri vaiheiden välisissä virroissa. Kuvassa 24 on kokeessa käytetyt Metrixin PX120 -tehomittarit. Kuvasta voidaan nähdä että vaiheiden L1 ja L2 välillä on noin 0,5 ampeerin ero ja vaiheiden L2 ja L3 noin 1 ampeerin ero. Tämä johtuu todennäköisesti pienistä eroista käämityksissä. Muuntajien tyhjäkäyntitehoissa on myös eroavaisuutta eri vaiheiden välillä, mikä johtuu myös käämien pienistä eroista.



Kuva 24. Tyhjäkäynti kokeen mittaus tulokset

Tyhjäkäyntikoe tehtiin molemmille muuntajille LT1 ja LT2. Kuvissa 23 ja 24 näkyvät tulokset on muuntajalle LT1 tehdystä kokeesta. Muuntajan LT2 tyhjäkäyntikokeen tuloksissa ei ole juuri minkäänlaista eroa LT1:sen kokeeseen. Tyhjäkäynti kokeen lisäksi muuntajilla suoritettiin rinnankäyttökoe. Muuntajien rinnankäyttö onnistuu ongelmitta, sillä ne ovat lähes identtiset. Rinnankäyttökokeesta ei kerätty mitään mittaustuloksia, sillä sen tarkoitus oli vain testata muuntajien soveltuvuutta rinnankäyttöön laboratoriotöissä. Näitä mittauksia käytettiin apuna laboratoriotyöohjeiden suunnittelussa.

6 KUNNOSSAPITO JA HUOLTO

Muuntajat ovat melko huoltovapaita ja eivätkä tarvitse kovin paljon kunnossapitoa. Öljyeristeiset muuntajat vaativat enemmän kunnossapitoa kuin kuivamuuntajat. Öljyn laatu tulee valvoa ja muutaman vuoden välein öljy tulee vaihtaa uuteen. Isommille muuntajien, kuten esim. jakelumuuntajille on yleensä rakennettu oma muuntajatila. Muuntajatila tulee olla lukittu ja muuntajan ympäristö ja itse muuntaja täytyy pitää siistinä.

Kuivamuuntajat ovat lähes täysin huoltovapaita, sillä niissä ei ole vanhentuvaa öljyä. Valuhartsieristeisiä kuivamuuntajia hyvän eristyksensä ansiosta voidaan käyttää likaisissa ja pölyisissäkin tiloissa. Ilmaeristeisiä avokäämimuuntajia sen sijaan täytyy puhdistaa enemmän, sillä avoimet käämitykset eivät ole pölyn- ja palokestoisuudeltaan riittävän hyviä. Muuntajien kaapeli- ja kiskoliitosten kiinnitysten kireys tulisi tarkistaa aina muuntajille tehtävien huoltotoimenpiteiden yhteydessä. Tämä koskee sekä öljy-, että kuivamuuntajia.

Sähkövoimatekniikan laboratorioon hankituille muuntajille tarvittavat huolto ja kunnossapitotoimet ovat melko vähäisiä. Muuntajien LT1 ja LT2 huoltotoimenpiteinä voidaan tehdä pyörien ja kytkentäkotelon silmämääräinen kunnan tarkastus, sekä muuntajien puhdistus ulkoisesti. Muuntajien käämiresistanssit voidaan mitata ja näin tarkastaa käämien kunto, sekä kiristää kytkentäliitokset kotelon sisältä. Muuntajan LT3 huollossa on tarpeellista ainakin ulkoinen puhdistus ja kytkentäliitosten kiristys. Nämä toimet tulisi tehdä esimerkiksi kaksi kertaa vuodessa kaikille laboratorion muuntajille.

7 POHDINTA

Opintojeni aikana olen saanut hyvät perustiedot muuntajista ja niiden käytöstä. Opinnäytetyön aikana sain mahdollisuuden perehtyä syvemmin erilaisten muuntajien toimintaan ja ominaisuuksiin, mikä teki työn tekemistä mielenkiintoisempaa. Oli erityisen kiinnostavaa olla mukana sähkölaboratoriahankkeen loppuvaiheessa, jolloin pääsin näkemään kyseisen tilan käyttöönoton. Uusi sähkövoimatekniikan laboratorio antaa tuleville ja nykyisille opiskelijoille hyvän oppimisympäristön. Laboratorion laitteistojen ja oppimisympäristöjen avulla saadaan vahva käsitys käytännössä sähköverkon toiminnasta ja siihen liittyvistä ongelmista. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada valmis oppimisympäristö, jonka avulla opiskelijat voisivat oppia muuntajien toiminnasta nykyaikaisessa sähköverkossa.

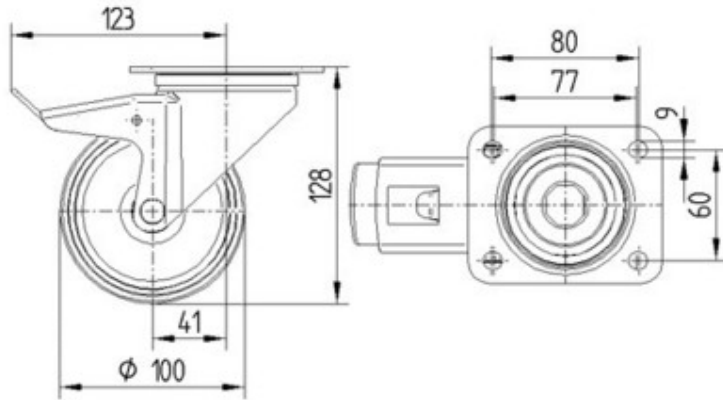
Työ antoi riittävästi haastetta, sillä siihen sisältyi sopivasti suunnittelua ja käytännön työtä. Teoriaosaa kirjoittaessa tuli vastaan myös uusia asioita, mitä en vielä opintojeni aikana oppinut. Vaikka osa teoriaosiossa käytetyistä lähteistä on melko vanhoja, niin se ei tee niistä epäluotettavia, sillä muuntajien toimintaperiaatteet eivät ole muuttuneet. Työssä tehdyillä laboratoriotyöohjeilla opiskelija pääsee tutustumaan muuntajan ominaisuuksiin, kytkentöihin, rinnankäyttöön ja epäsymmetriseen kuormitukseen. Laboratoriotyöohjeita voidaan välittömästi hyödyntää sähkötekniikan opiskelussa. Ongelmia työssä tuotti uusien muuntajien rakenne, sillä muuntajien käämitykset on sisäisesti kytketty jo tiettyyn kytkentäryhmään. Tämä supistaa muuntajilla tehtävien kytkentöjen määrää, mikä myös hankaloitti työohjeiden suunnittelua. Opinnäytetyössä saadun kokemuksen perusteella muuntajien oppimisympäristöjä voidaan kehittää jatkossa muun muassa siten, että 32 KVA muuntajien kuormituskokeet on mahdollista toteuttaa nimellisarvoilla. Opinnäytetyössä on luotu hyvät perusteet muuntajien opiskeluun ja tulevaisuudessa on mahdollista kehittää ja laajentaa muuntajatehtäviä pienin investoinnein.

LÄHTEET

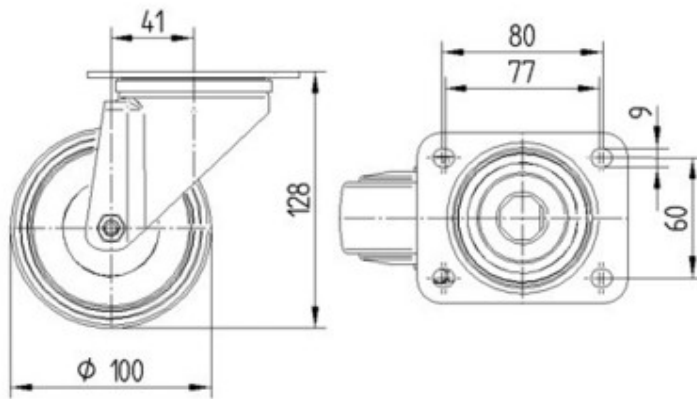
- ABB Oy. Kaapelivirtamuuntajan kuva. Hakupäivä 23.5.2014.
<<http://abbcloud.blob.core.windows.net/public/images/00fa2a15-659f-4746-ba53-c189d02a5979/margin.jpg>>
- Aura, Lauri & Tonteri, Antti 1995. Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet. Porvoo: WSOY.
- Elovaara, Jarmo & Laiho, Yrjö 2007. Sähkölaitostekniikan perusteet. Kuudes painos. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Elovaara, Jarmo & Haarla, Liisa 2011. Sähköverkot II. Ensimmäinen painos. Helsinki: Otatieto.
- Oy Eurofire Ab. Sähkötila, pääsy asiattomilta kielletty kyltin kuva. Hakupäivä 25.4.2014. <<http://shop.eurofire.fi/tuotekuvat/basic/7042.jpg>>
- Hietalahti, Lauri 2011. Muuntajat ja sähkökoneet. Ensimmäinen painos. Vantaa: Hansaprint Oy.
- Huurinainen, Ville 2006. Jakelumuuntajien elinkaaritutkimus. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere.
- Iganatius, Hannes 1981. Sähkölaboraatiot II sähkökoneet. Helsinki: Helsingin Liikekirjapaino Oy.
- Korpinen, Leena 1998. Sähkövoimatekniikkaopus. Hakupäivä 2.3.2014.
<http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/9muuntajat_ja_sahkolaitteet.pdf>
- Korpinen, Leena & Mikkola, Marko & Keikko, Tommi & Falck, Emil 2008. Yliaaltoopus. Hakupäivä 24.3.2014.
<<http://www.leenakorpinen.fi/archive/opukset/ylialto-opus.pdf>>
- Paulava, Ari 2005. Kuva virtamuuntajista. Hakupäivä 9.4.2014.
<<http://calm.iki.fi/tolpat/kuva/1114>>
- Ruppa, Erkki & Lilja, Tuomo 1996. Sähkötekniikkaa sivuaineopiskelijoille. Toinen painos. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry, 2012. SFS-käsikirja 600-1. Ensimmäinen painos. Helsinki: SFS.
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry, 2012. SFS-käsikirja 600-2. Ensimmäinen painos. Helsinki: SFS.
- Taloon Yhtiöt Oy. Hätä-seis painikkeen kuva. Hakupäivä 25.4.2014.
<<http://www.taloon.com/kuvat/k/m/2321565.jpg>>

LIITTEET

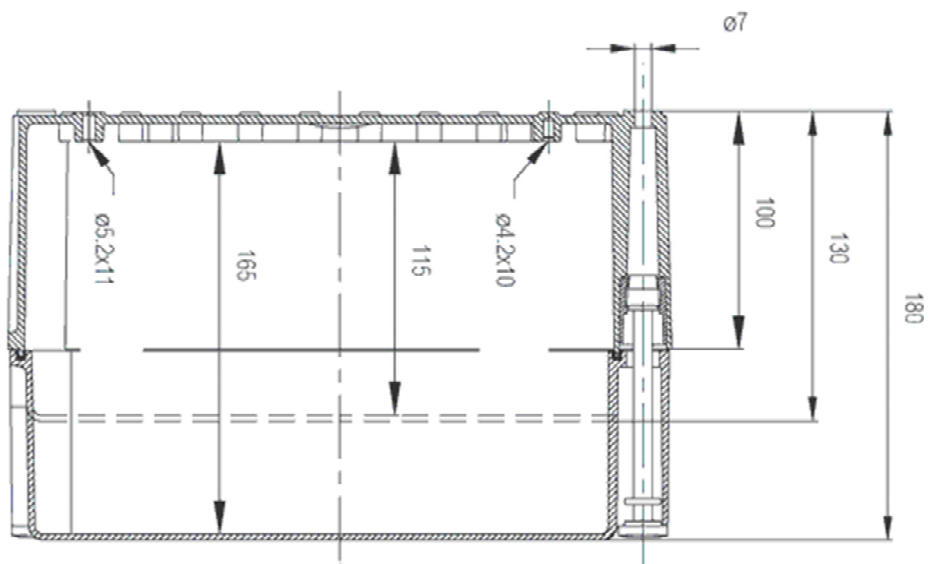
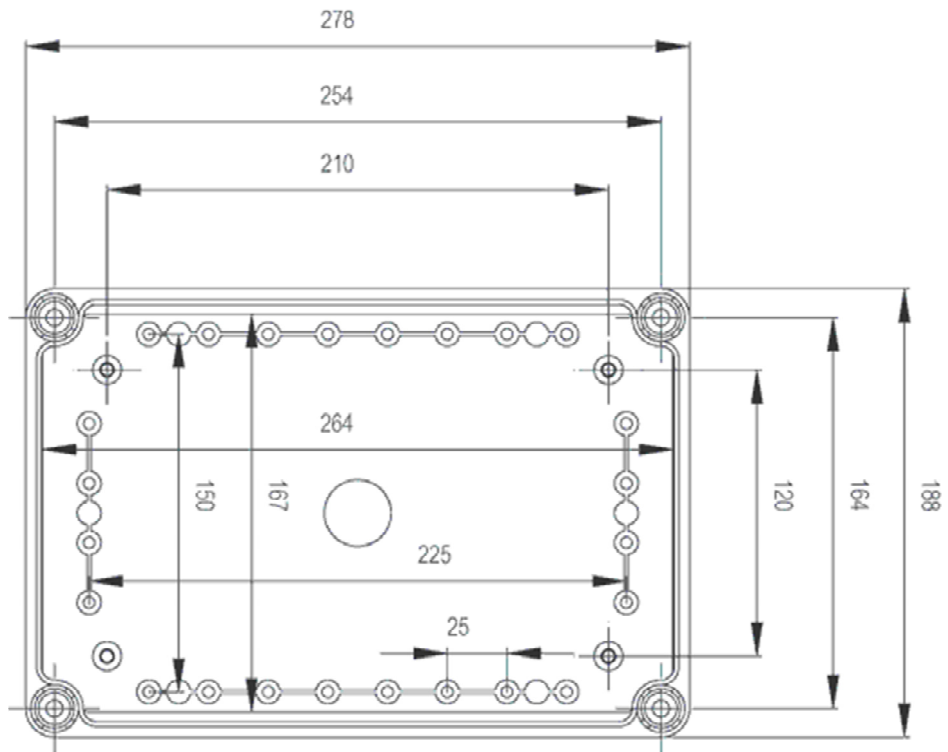
Liite 1.	Kuljetuspyörien mittakuvat
Liite 2.	Kytkenäkoteloiden mittakuva
Liite 3.	Kytkenäohjelma 101
Liite 4.	Kytkenäohjelma 102
Liite 5.	Kytkenäohjelma 103
Liite 6.	Kytkenäohjelma 104
Liite 7.	Kytkenäohjelma 205
Liite 8.	Rinnankäyttö laboratoriotyöohje
Liite 9.	Käyttönottotarkastuspöytäkirja LT1
Liite 10.	Käyttönottotarkastuspöytäkirja LT2
Liite 11.	Muuntajien LT1 ja LT2 datalehdet
Liite 12.	Muuntajan LT3 datalehdet



© Copyright 01/2000 - 04/2014, TENTE International GmbH, www.tente.com



© Copyright 01/2000 - 04/2014, TENTE International GmbH, www.tente.com



Jakelu toimenpiteitä varten Opettajat Opiskelijat Laboratorioinsinööri	
Tiedoksi Käytön johtaja Osaamisalojohtaja	Versio 1.0
	Suunnittelija Lapin ammattikorkeakoulu Jukka Leinonen
	Hyväksyjä Aila Petäjäjärvi ja Jaakko Etto
	Kytkenjohtaja Ohjaava opettaja

Nimi ja laji

KytKentäalue Lapin ammattikorkeakoulu
Teollisuuden ja luonnonvarojen oa
Tietokatu 1
94600 KEMI
Sähkövoimatekniikan laboratorio Delta 1141

Keskeytysaika

Vahvistus

Yleistä 110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteiseksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.
110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteettömäksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.

Työt

Esivaatimukset 110 kV ja 10 kV kojeistot on ohjattu jännitteettömiksi.

110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteisiksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
1		Laukaise hätäseis-painike	OT1	110 kV syöttö tulee jännitteettömäksi!
2		Tarkista sähkökeskuksen NK102/A03 katkaisijan asento, on oltava kiinni	Delta 1143	
3		Tarkista katkaisija Q1.0 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
4		Tarkista erottimien Q1.1 ja Q1.2 asennot, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
5		Tarkista katkaisija Q2.0 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
6		Tarkista erottimien Q2.1 ja Q2.2 asennot, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
7		Tarkista kytkimen Q6.0 asento, on oltava auki	OT1	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni. Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
8		Tarkista kytkimen Q1.3 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
9		Tarkista kytkimen H2.9 asento, on oltava auki	OT1	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni.
10		Tarkista kytkimen SQAB asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka H02 REF615-releeltä
11		Vapauta hätäseis-painike	OT1	
12		Paina Kiinniohjaus-painiketta	OT1	110 kV syöttö tulee jännitteiseksi!
13		Ohjaa erottimet Q1.1 ja Q1.2 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
14		Ohjaa katkaisija Q1.0 kiinni	OT1	10 kV kojeiston kojeisto ei tule vielä jännitteiseksi! Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
15		Tarkista H01-mittauskentän kiskostomaadoittimen asento, on oltava auki	H01	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni
16		Tarkista lähtökenttien H02-H06 maadoituserottimien asennot, käyttöönotettavien lähtökenttien maadoitukset on oltava auki	H02-H06	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
17		Tarkista kaikkien lähtökenttien vaunujen asento, käyttöönotettavien lähtökenttien vaunut on oltava suljettuina	H01-H06	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos auki
18		Ohjaa kytkin SQAB kiinni	OT1	10 kV kojeiston kiskosto tulee jännitteiseksi!! Vaihtoehtoinen ohjauspaikka H02 REF615-releeltä.
19		Tarkista pää- ja vaihejännitteet	H01	

110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteettömäksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
1		KytKentäohjelman alkutilanteessa H2–H6 lähtökentät on tehty ko. lähtöjen kytkentäohjelmien mukaisesti jännitteettömiksi	H02-H06	10 kV lähtöjen H2-H6 on oltava jännitteettömät!
2		Ohjaa kytkin SQAB auki	OT1	10 kV kojeisto tulee jännitteettömäksi! Vaihtoehtoinen ohjauspaikka H02 REF615-releeltä
3		Ohjaa katkaisija Q1.0 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
4		Ohjaa erottimet Q1.2 ja Q1.1 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
5		Laukaise hätäseis-painike	OT1	110 kV syöttö tulee jännitteettömäksi!
6		Ohjaa tarvittaessa ohjaa sähkökeskuksen NK102/A03 katkaisijan asento auki	Delta 1143	

Jakelu toimenpiteitä varten Opettajat Opiskelijat Laboratorioinsinööri	
Tiedoksi Käytön johtaja Osaamisalojohtaja	Versio 1.0
	Suunnittelija Lapin ammattikorkeakoulu Jukka Leinonen
	Hyväksyjä Aila Petäjäjärvi ja Jaakko Etto
	Kytkenjohtaja Ohjaava opettaja

Nimi ja laji

KytKentäalue Lapin ammattikorkeakoulu
Teollisuuden ja luonnonvarojen oa
Tietokatu 1
94600 KEMI
Sähkövoimatekniikan laboratorio Delta 1141

Keskeytysaika

Vahvistus

Yleistä 110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteiseksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.
110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteettömäksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.

Työt

Esivaatimukset 110 kV ja 10 kV kojeistot on ohjattu jännitteettömiksi.

110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteiseksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
1		Laukaise hätäseis-painike	OT1	110 kV syöttö tulee jännitteettömäksi!
2		Tarkista sähkökeskuksen NK102/A03 katkaisijan asento, on oltava kiinni	Delta 1143	
3		Tarkista katkaisija Q1.0 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
4		Tarkista erottimien Q1.1 ja Q1.2 asennot, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
5		Tarkista katkaisija Q2.0 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
6		Tarkista erottimien Q2.1 ja Q2.2 asennot, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
7		Tarkista kytkimen Q6.0 asento, on oltava auki	OT1	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni. Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
8		Tarkista kytkimen Q12.9 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
9		Tarkista kytkimen Q12.0 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
10		Tarkista kytkimen Q7.0 asento, on oltava auki	OT1	
11		Vapauta hätäseis-painike	OT1	
12		Paina Kiinniohjaus-painiketta	OT1	110 kV syöttö tulee jännitteiseksi!

13		Ohjaa erottimet Q2.1 ja Q2.2 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
14		Ohjaa katkaisija Q2.0 kiinni	OT1	10 kV kojeiston kojeisto ei tule vielä jännitteiseksi! Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
15		Tarkista H01-mittauskentän kiskostomaadoittimen asento, on oltava auki	H01	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni
16		Tarkista lähtökenttien H02-H06 maadoituserottimien asennot, käyttöönotettavien lähtökenttien maadoitukset on oltava auki	H02-H06	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
17		Tarkista kaikkien lähtökenttien vaunujen asento, käyttöönotettavien lähtökenttien vaunut on oltava suljettuina	H01-H06	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos auki
18		Ohjaa kytkin Q12.0 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
19		Ohjaa kytkin Q7.0 kiinni	OT1	10 kV kojeiston kiskosto tulee jännitteiseksi!!
20		Tarkista pää- ja vaihejännitteet	H01	

110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteettömäksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
1		KytKentäohjelman alkutilanteessa H2–H6 lähtökentät on tehty ko. lähtöjen kytkentäohjelmien mukaan jännitteettömiksi	H02-H06	10 kV lähtöjen H2-H6 on oltava jännitteettömät!
2		Ohjaa kytkin Q7.0 auki	OT1	10 kV kojeisto tulee jännitteettömäksi!
3		Ohjaa kytkin Q12.0 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
4		Ohjaa katkaisija Q2.0 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
5		Ohjaa erottimet Q2.2 ja Q2.1 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
6		Laukaise hätäseis-painike	OT1	110 kV syöttö tulee jännitteettömäksi!
7		Ohjaa tarvittaessa sähkökeskuksen NK102/A03 katkaisijan asento auki	Delta 1143	

Jakelu toimenpiteitä varten Opettajat Opiskelijat Laboratorioinsinööri	
Tiedoksi Käytön johtaja Osaamisalojohtaja	Versio 1.0
	Suunnittelija Lapin ammattikorkeakoulu Jukka Leinonen
	Hyväksyjä Aila Petäjäjärvi ja Jaakko Etto
	Kytkenjohtaja Ohjaava opettaja

Nimi ja laji

KytKentäalue Lapin ammattikorkeakoulu
Teollisuuden ja luonnonvarojen oa
Tietokatu 1
94600 KEMI
Sähkövoimatekniikan laboratorio Delta 1141

Keskeytysaika

Vahvistus

Yleistä 110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteiseksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.
110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteettömäksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.

Työt

Esivaatimukset 110 kV ja 10 kV kojeistot on ohjattu jännitteettömiksi.

110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteiseksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
1		Laukaise hätäseis-painike	OT1	110 kV syöttö tulee jännitteettömäksi!
2		Tarkista sähkökeskuksen NK102/A03 katkaisijan asento, on oltava kiinni	Delta 1143	
3		Tarkista katkaisija Q1.0 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
4		Tarkista erottimien Q1.1 ja Q1.2 asennot, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
5		Tarkista katkaisija Q2.0 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
6		Tarkista erottimien Q2.1 ja Q2.2 asennot, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
7		Tarkista kytkimen Q6.0 asento, on oltava auki	OT1	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni. Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
8		Tarkista kytkimen Q12.9 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
9		Tarkista kytkimen Q12.0 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
10		Tarkista kytkimen Q1.3 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
11		Tarkista kytkimen H2.9 asento, on oltava auki	OT1	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
12		Tarkista kytkimen SQAB asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka H02 REF615-releeltä
13		Vapauta hätäseis-painike	OT1	
14		Paina Kiinniohjaus-painiketta	OT1	110 kV syöttö tulee jännitteiseksi!
15		Ohjaa erottimet Q1.1 ja Q1.2 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
16		Ohjaa katkaisija Q1.0 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
17		Ohjaa erottimet Q2.1 ja Q2.2 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
18		Ohjaa katkaisija Q2.0 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
19		Ohjaa kytkin Q6.0 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
20		Ohjaa katkaisija Q1.0 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
21		Ohjaa erottimet Q1.2 ja Q1.1 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
22		Tarkista H01-mittauskentän kiskostomaadoittimen asento, on oltava auki	H01	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni
23		Tarkista lähtökenttien H02-H06-maadoituserottimien asennot, käyttöönotettavien lähtökenttien maadoitukset on oltava avoinna	H02-H06	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni
24		Tarkista kaikkien kenttien vaunujen asento, käyttöönotettavien lähtökenttien vaunut on oltava suljettuina	H01-H06	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos auki
25		Ohjaa kytkin SQAB kiinni	OT1	10 kV kojeiston kiskosto tulee jännitteiseksi!! Vaihtoehtoinen ohjauspaikka H02 REF615-releeltä.
26		Tarkista pää- ja vaihejännitteet	H01	

110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteettömäksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
1		KytKentäohjelman alkutilanteessa H2-H6 lähtökentät on tehty ko. lähtöjen kytkentäohjelmien mukaan jännitteettömiksi	H02-H06	10 kV lähtöjen H2-H6 on oltava jännitteettömät!
2		Ohjaa kytkin SQAB auki	OT1	10 kV kojeisto tulee jännitteettömäksi! Vaihtoehtoinen ohjauspaikka H02 REF615-releeltä
3		Ohjaa erottimet Q1.1 ja Q1.2 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka H02 REF615-releeltä
4		Ohjaa katkaisija Q1.0 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka H02 REF615-releeltä
5		Ohjaa kytkin Q6.0 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka H02 REF615-releeltä
6		Ohjaa katkaisija Q1.0 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka H02 REF615-releeltä
7		Ohjaa erottimet Q1.2 ja Q1.1 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka H02 REF615-releeltä
8		Ohjaa katkaisija Q2.0 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
9		Ohjaa erottimet Q2.2 ja Q2.1 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
10		Laukaise hätäseis-painike	OT1	110 kV syöttö tulee jännitteettömäksi!
11		Ohjaa tarvittaessa sähkökeskuksen NK102/A03 katkaisijan asento auki	Delta 1143	

Jakelu toimenpiteitä varten Opettajat Opiskelijat Laboratorioinsinööri	
Tiedoksi Käytön johtaja Osaamisalojohtaja	Versio 1.0
	Suunnittelija Lapin ammattikorkeakoulu Jukka Leinonen
	Hyväksyjä Aila Petäjäjärvi ja Jaakko Etto
	Kytkenjohtaja Ohjaava opettaja

Nimi ja laji

KytKentäalue Lapin ammattikorkeakoulu
Teollisuuden ja luonnonvarojen oa
Tietokatu 1
94600 KEMI
Sähkövoimatekniikan laboratorio Delta 1141

Keskeytysaika

Vahvistus

Yleistä 110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteiseksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.
110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteettömäksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.

Työt

Esivaatimukset 110 kV ja 10 kV kojeistot on ohjattu jännitteettömiksi.

110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteiseksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
1		Laukaise hätäseis-painike	OT1	110 kV syöttö tulee jännitteettömäksi!
2		Tarkista sähkökeskuksen NK102/A03 katkaisijan asento, on oltava kiinni	Delta 1143	
3		Tarkista katkaisija Q1.0 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
4		Tarkista erottimien Q1.1 ja Q1.2 asennot, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
5		Tarkista katkaisija Q2.0 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
6		Tarkista erottimien Q2.1 ja Q2.2 asennot, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
7		Tarkista kytkimen Q6.0 asento, on oltava auki	OT1	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni. Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
8		Tarkista kytkimen Q1.3 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
9		Tarkista kytkimen H2.9asento, on oltava auki	OT1	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni
10		Tarkista kytkimen SQAB asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka H02 REF615-releeltä
11		Tarkista kytkimen Q12.9 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä

12		Tarkista kytkimen Q12.0 asento, on oltava auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
13		Tarkista kytkimen Q7.0 asento, on oltava auki	OT1	
14		Vapauta hätäseis-painike	OT1	
15		Paina Kiinniohjaus-painiketta	OT1	110 kV syöttö tulee jännitteiseksi!!
16		Ohjaa erottimet Q1.1 ja Q1.2 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
17		Ohjaa katkaisija Q1.0 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
18		Ohjaa erottimet Q2.1 ja Q2.2 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
19		Ohjaa katkaisija Q2.0 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
20		Ohjaa kytkin Q6.0 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
21		Ohjaa katkaisija Q2.0 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
22		Ohjaa erottimet Q2.2 ja Q2.1 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
23		Tarkista H01-mittauskentän kiskostomaadoittimen asento, on oltava auki	H01	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni
24		Tarkista lähtökenttien H02-H06 maadoituserottimien asennot, käyttöönotettavien lähtökenttien maadoitukset on oltava avoinna	H02-H06	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni
25		Tarkista kaikkien kenttien vaunujen asento, käyttöönotettavien lähtökenttien vaunut on oltava suljettuina	H01-H06	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos auki
26		Ohjaa kytkin Q12.0 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
27		Ohjaa kytkin Q7.0 kiinni	OT1	10 kV kojeiston kiskosto tulee jännitteiseksi!!
28		Tarkista pää- ja vaihejännitteet	H01	

110 kV/10 kV:n kojeistojen kytkeminen jännitteettömäksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
1		KytKentäohjelman alkutilanteessa H2–H6 lähtökentät on tehty ko. lähtöjen kytkentäohjelmien mukaan jännitteettömiksi	H02-H06	10 kV lähtöjen H2-H6 on oltava jännitteettömät!
2		Ohjaa kytkin Q7.0 auki	OT1	10 kV kojeisto tulee jännitteettömäksi!
3		Ohjaa kytkin Q12.0 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
4		Ohjaa erottimet Q2.1 ja Q2.2 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
5		Ohjaa katkaisija Q2.0 kiinni	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
6		Ohjaa kytkin Q6.0 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
7		Ohjaa katkaisija Q1.0 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
8		Ohjaa erottimet Q1.2 ja Q1.1 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT01 REF630-releeltä
9		Ohjaa katkaisija Q2.0 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
10		Ohjaa erottimet Q2.2 ja Q2.1 auki	OT1	Vaihtoehtoinen ohjauspaikka OT02 7UT63-releeltä
11		Laukaise hätäseis-painike	OT1	110 kV syöttö tulee jännitteettömäksi!
12		Ohjaa sähkökeskuksen NK102/A03 katkaisijan asento auki	Delta 1143	

Jakelu toimenpiteitä varten Opettajat Opiskelijat Laboratorioinsinööri	
Tiedoksi Käytön johtaja Osaamisalojohtaja	Versio 1.0
	Suunnittelija Lapin ammattikorkeakoulu Jukka Leinonen
	Hyväksyjä Aila Petäjäjärvi ja Jaakko Etto
	KytKennänjohtaja Ohjaava opettaja

Nimi ja laji

KytKentäalue Lapin ammattikorkeakoulu
Teollisuuden ja luonnonvarojen oa
Tietokatu 1
94600 KEMI
Sähkövoimatekniikan laboratorio Delta 1141

Keskeytysaika

Vahvistus

Yleistä Muuntajalähdön H05 jännitteiseksi tekeminen.
Muuntajalähdön H05jännitteettömäksi tekeminen.

Työt

Esivaatimukset 110 kV ja 10 kV kojeistot on ohjattu jännitteisiksi kytKentäoh-
jelma NRO 101, 102, 103 tai 104 mukaan.

Muuntajälähdön kytkeminen jännitteiseksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
1		Tarkista muuntajasta LT3 (16 kVA), ettei siellä ole tehty mitään kytkentöjä	LT3	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos on kytkentöjä
2		Tarkista muuntajälähdön maadoituserotinmen asento, on oltava auki	H05	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos kiinni
3		Tarkista muuntajälähdön vaunun asento, on oltava suljettuina	H05	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos auki
4		Ohjaa katkaisija Q1 kiinni H05 REF615-releeltä	H05	Muuntaja tulee jännitteiseksi!
5		Tarkista muuntajälähdön merkkivalot (alapuolen), on vilkuttava	H05	Kysy ohjaajalta ohjeistus, jos eivät vilku

Muuntajälähdön kytkeminen jännitteettömäksi sähkövoimatekniikan laboratoriossa.

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
1		Ohjaa katkaisija Q1 auki H05 REF615-releeltä	H05	Muuntaja tulee jännitteettömäksi!

Kolmivaihemuuntaja

Kolmivaihemuuntajan rinnankäyttö

Tässä työssä suoritetaan muuntajille seuraavat mittaukset:

Rinnankäyttökoe

Työssä tarvittavat välineet:

- Jännitevaunu JV2
- 2 kpl Vastusvaunuja
- Muuntajat LT1 ja LT2
- 6 kpl yleismittareita

Rinnakkainkytkennän ehdot:

1. Jos kaksi muuntajaa tai useampia muuntajia on kytkettävä rinnakkain, on otettava huomioon, että ainoastaan samoihin kytkentäryhmiin kuuluvat muuntajat voivat käydä rinnakkain. Kytkentäryhmä on leimattu muuntajan kilpeen. Lisäksi voivat ryhmiin, joiden tunnusluvut ovat 5 ja 11, kuuluvat muuntajat käydä rinnakkain, jos sekä ylä- että alajännitepuolen johtimet sopivasti risteillään.

2. Samanmerkkiset navat sekä ylä- että alajännitepuolella on kytkettävä yhteen (lukuun ottamatta kohdassa 1 mainittua erikoistapausta eri ryhmiin kuuluvista muuntajista).

3. Muuntosuhteen on oltava sama.

4. Oikosulkujännitteen U_k on oltava sama ($\pm 10\%$ tarkkuudella).

5. Muuntajien tehot eivät yleensä saa poiketa toisistaan enemmän kuin suhteessa 1:3.

Edellä luetellut seikat voidaan selvittää muuntajien kilvissä olevien tietojen nojalla.

Mittaukset laboratoriossa

1. Muuntajat (2 kpl) kytketään siten, että ne molemmat kuuluvat kytkentäryhmään Yy 0.

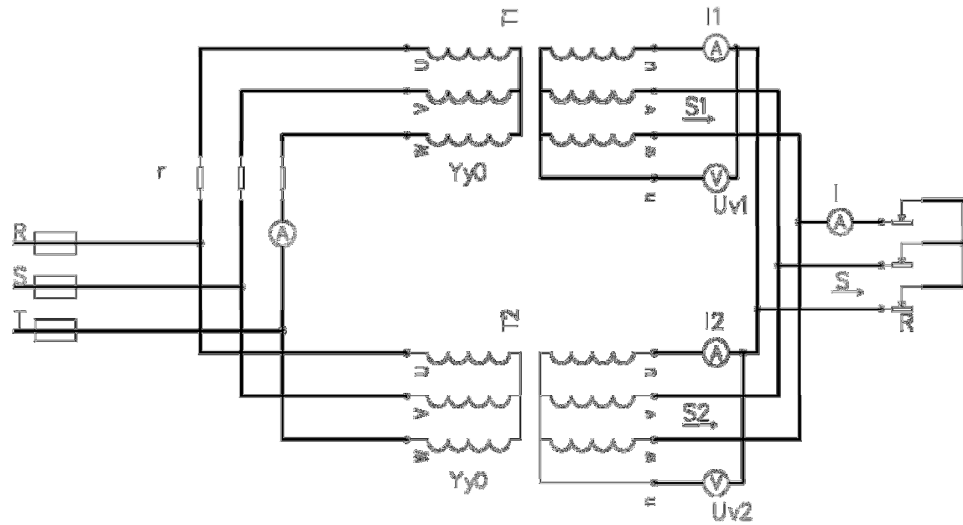
2. Muuntajilla suoritetaan oikosulkukokeet. (Kts. kohta oikosulkukoe. Kolmivaihe-muuntajan tutkiminen. Työ 3).

3. Rinnakkaiskäyttökokeet:

3.1. Ennen kuin muuntajat kytketään rinnakkain, on ehdottomasti aina suoritettava jännitemittaus. Tätä varten kytketään muuntajien yläjännitepuolet rinnakkain ja alajännitepuolella yhdistetään keskenään 0-pisteet tai yhdet toisiaan vastaavat vaiheet. Kun jännite yhdistetään yläjännitepuolelle, ei niiden alajännitepuolen napojen välillä, jotka aiotaan kytkeä rinnakkain, saa olla jännitettä, kun taas eri vaiheiden välillä pitää olla normaali jännite. Ellei näin ole, on muuntaja kytketty väärin tai kuuluu väärään kytkentäryhmään.

3.2. Kun kohdan 3.1 mittaus on suoritettu ja todettu, että muuntajat ovat rinnakkainkäytökelpoisia, kytketään muuntajat kuvan 1 mukaisesti rinnakkain. (Resistanssi $r = 0$). Rinnakkain käyttökoe suoritetaan siten, että vähintään toinen muuntajista on nimelliskuormalla. Suoritetaan vain yksi mittaus.

3.3. Toisen muuntajan eteen kytketyn 3-vaiheisen vastuksen r resistanssia nostetaan. (Säädä r , kun kuorma R on nimellinen; $P = P_1 + P_2$) ja seuraa A-mittareiden osoitusten muuttumista.)



KUVA 1. Kaksi 3-vaihe muuntajaa rinnan (samat kytkentäryhmät)

Kysymyksiä:

1. Laske oikosulkukokeiden (kohta 2) perusteella molempien muuntajien R_k , X_k , u_r , u_x ja u_k .

2. Johda yhtälöt:

$$S_1 = \frac{S}{1 + \frac{u_{k_1}}{u_{k_2}} \times \frac{S_{N_2}}{S_{N_1}}} \quad \text{ja} \quad S_2 = \frac{S}{1 + \frac{u_{k_2}}{u_{k_1}} \times \frac{S_{N_1}}{S_{N_2}}}$$

jotka osoittavat, miten kuormituksen ottama teho S jakaantuu rinnakkain käyvien muuntajien kesken.

3. Jos toinen rinnakkain kytketyistä muuntajista on kuormitettu nimelliskuormalla, mikä on silloin toisen kuorma ja yhteinen kuormitus. Ratkaise tämä kysymyksen 2 yhtälöiden perusteella ja vertaa tuloksia kohdissa 3.2, 3.3 mitattuihin.

4. Mikä vaikuttaa toisen muuntajan kanssa sarjaan kytketty resistanssi tehojen jakautumiseen?



ST 51.21.07

1 (2)

SUURJÄNNITELAITTEISTON KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA

<input type="checkbox"/> SJ-JOHTO / KAAPELI	<input type="checkbox"/> MUUNTAMO	Arkistonumero
<input type="checkbox"/> PJ-JOHTO / KAAPELI	<input checked="" type="checkbox"/> MUUNTAJA LT1	Tilajan työnumero
<input type="checkbox"/> PJ-KESKUS	<input type="checkbox"/> EROTIN	Rakentajan työnumero

KÄYTETYT NORMIT

Kohteen rakentamisessa ja tarkastamisessa on käytetty seuraavia normeja:

<input checked="" type="checkbox"/> SFS 6000-sarja	<input type="checkbox"/> SFS 6001 + A1 + A2	<input type="checkbox"/> SFS 6003
<input type="checkbox"/> SFS-EN 50341-1 + A1, SFS-EN 50341-3-7 ja SFS-EN 50423-1		

Lisätietoja

Muuntaja on opetustarkoitukseen rakennettu pyörillä liikuteltava laite.

KOHTEEN RAKENTAJAN / URAKOITSIJAN TIEDOT

Yrityksen nimi			
Lapin Ammattikorkeakoulu			
Yhteyshenkilö	Puhelin	Faksi	Sähköposti
Aila Petäjäjarvi	040 5213 697		Aila.Petajarvi@lapinamk.fi

KOHTEEN YKSILÖIVÄ TIETO

Verkon haltija	Yhteyshenkilö

Kohde
Sähkövoimatekniikan laboratorio

AISTINVARAINEN TARKASTUS

	Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen		Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen
Dokumentointi, käyttö-/huolto-ohjeet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kaapelin vaippa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Työmaadoitusvälineet- ja paikat	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Taivutussäteet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Työskentelysuojalevyt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Kaivuujäljet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Muut työ-, käyttö- ja suojavälineet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Raivaus ja oksiminen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tunnukset ja merkinnät	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Etäisyydet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Varoituskilvet ja -merkinnät	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kallistumat	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Laitteiden nimellisarvot	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pylvästys	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Asetusarvot	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Upotussyvytykset	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lukitukset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Latvasuojukset	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Valaistus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Orret	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Pieneläinsuojaus	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Eristimet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Katkaisijat	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Johdin ja liittokset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SF6-kennot	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Kiinnitykset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rakennus varusteineen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Kiristykset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Läpiviennit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Päätteet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lämpötila	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Harukset	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kipinäväli	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Avausvälit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Muuntajan numero	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Asennonosoitus	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Hoitotaso	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ohjain	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylijännitesuojat	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ohjauskeskus	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kosketussuojat	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Antenni	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Keskuskaappi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Maadoitukset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Varokehytkin	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Laaja maadoitusjärjestelmä	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sulakkeet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Muut laitteet:		
Kaapeleiden asennussyvyys	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Kuljetuspyörät*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mekaaninen suojaus	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Kytentakotelo*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kaapeleiden merkinnät	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			

© Sähköinfo Oy 09/2013 - Sähkötieto ry:n julkaisu

Lisätietoja:

*Muuntajan rakennetta modifioitu, päälle on asennettu kytkentöjen turvallisen tekemisen saavuttamiseksi kytkentäkotelo. Liikuteltavuuden parantamiseksi alle asennettu pyörät.

ST 51.21.07

2 (2)

MITTAUKSET					
		Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen		
Jännitteet				Eristysresistanssi	
Mittauspiste:				Mittauspiste:	
L1-PEN	233,1 V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L1-PEN	>500 MQ <input checked="" type="checkbox"/>
L2-PEN	232 V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L2-PEN	>500 MQ <input checked="" type="checkbox"/>
L3-PEN	234,5 V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L3-PEN	>500 MQ <input checked="" type="checkbox"/>
L1-L2	400,8 V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L1-L2	>500 MQ <input checked="" type="checkbox"/>
L1-L3	403,2 V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L1-L3	>500 MQ <input checked="" type="checkbox"/>
L2-L3	403,7 V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L2-L3	>500 MQ <input checked="" type="checkbox"/>
Oikosulkuvirta I_k tai -impedanssi Z_k				Suojajohtimien, PEN- ja potentialintasusjohtimien jatkuvuus	
Mittauspiste:				Mittauspiste:	
	A	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0,09	Ω <input checked="" type="checkbox"/>
	Ω	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Ω <input type="checkbox"/>
Erillinen mittauspöytäkirja liitteenä		<input type="checkbox"/>		Erillinen mittauspöytäkirja liitteenä	<input type="checkbox"/>
Maadoitus				Vikavirtasuojat	
<input type="checkbox"/>	Resistanssimittaus (ks. erill. mittausptk. <input type="checkbox"/> kpl)		<input checked="" type="checkbox"/>	Laukaisuaika 14.5	ms <input checked="" type="checkbox"/>
	Ω <input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Toimintavirta 30	mA <input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Jatkuvuuden mittaus (ks. erill. mittausptk. <input type="checkbox"/> kpl)		<input checked="" type="checkbox"/>	Erillinen mittauspöytäkirja liitteenä	<input type="checkbox"/>
	Ω <input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
Lisätietoja, käytetyt mittalaitteet ja menetelmät jne. Oikosulkuvirtaa ei pystytty mittaamaan nimellisvirralla koulun laitteilla.					
TESTAUKSET					
		Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen		
Vaihejärjestyksen toteaminen		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Eroittimen toiminta	<input type="checkbox"/>
Suojareleet		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Kalkaisijan toiminta	<input type="checkbox"/>
Lukitukset		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Vikavirtasuojan toiminta	<input type="checkbox"/>
Kaapeleiden jännitetesti		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Lisätietoja:					
LISÄTIETOJA / MUUT HUOMIOT					
<input type="checkbox"/> liitteessä					
TARKASTUKSEN TULOS					
<input checked="" type="checkbox"/> Tarkastuksen kohde on säännösten ja määräysten mukainen.					
<input type="checkbox"/> Tarkastuksen kohde on käyttöönotettavissa, mutta siinä on seuraavia korjattavia puutteita:					
<input type="checkbox"/> korjattu					
<input type="checkbox"/> korjattu					
Liitteitä <input type="checkbox"/> kpl					
TARKASTUKSEN TEKIJÄT					
Nimet					
Paaso Sami					
Päiväys		Allekirjoitus		Nimen selvennys	
16.5.2014					



ST 51.21.07

1 (2)

SUURJÄNNITELAITTEISTON KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA

<input type="checkbox"/> SJ-JOHTO / KAAPELI	<input type="checkbox"/> MUUNTAMO	Arkistonnumero
<input type="checkbox"/> PJ-JOHTO / KAAPELI	<input checked="" type="checkbox"/> MUUNTAJA LT2	Tilaaajan työnumero
<input type="checkbox"/> PJ-KESKUS	<input type="checkbox"/> EROTIN	Rakentajan työnumero

KÄYTETYT NORMIT

Kohteen rakentamisessa ja tarkastamisessa on käytetty seuraavia normeja:

<input checked="" type="checkbox"/> SFS 6000-sarja	<input type="checkbox"/> SFS 6001 + A1 + A2	<input type="checkbox"/> SFS 6003
<input type="checkbox"/> SFS-EN 50341-1 + A1, SFS-EN 50341-3-7 ja SFS-EN 50423-1		

Lisätietoja

Muuntaja on opetustarkoitukseen rakennettu pyörillä liikutettava laite.

KOHTEEN RAKENTAJAN / URAKOITSIJAN TIEDOT

Yrityksen nimi Lapin Ammattikorkeakoulu			
Yhteyshenkilö Aila Petäjäjärvi	Puhelin 040 5213 697	Faksi	Sähköposti Aila.Petajajarvi@lapinamk.fi

KOHTEEN YKSILÖIVÄ TIETO

Verkon haltija	Yhteyshenkilö
----------------	---------------

Kohde Sähkövoimatekniikan laboratorio
--

AISTINVARAINEN TARKASTUS

	Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen		Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen
Dokumentointi, käyttö-/huolto-ohjeet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kaapelin vaippa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Työmaadoitusvälineet- ja paikat	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Taivutusvälineet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Työskentelysuojalevyt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Kaivuujäljet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Muut työ-, käyttö- ja suojavälineet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Raivaus ja oksiminen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tunnukset ja merkinnät	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Etäisyydet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Varoituskilvet ja -merkinnät	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kallistumat	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Laitteiden nimellisarvot	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pylvästys	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Asetusarvot	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Upotussyvytykset	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lukitukset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Latvasuojukset	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Valaistus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Orret	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Pieneläinsuojaus	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Eristimet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Katkaisijat	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Johdin ja liittokset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SF6-kennot	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Kiinnitykset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rakennus varusteineen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Kiristykset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Läpiviennit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Päätteet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lämpötila	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Harukset	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kipinäväli	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Avausväli	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Muuntajan numero	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Asennonosoitus	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Hoitotaso	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ohjain	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylijännitesuojat	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ohjauskeskus	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kosketussuojaus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Antenni	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Keskuskaappi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Maadoitukset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Varokeytin	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Laaja maadoitusjärjestelmä	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sulakkeet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Muut laitteet:		
Kaapeleiden asennussyvyys	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Kuljetuspyörät*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mekaaninen suojaus	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	KytKentäkotelo*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kaapeleiden merkinnät	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			

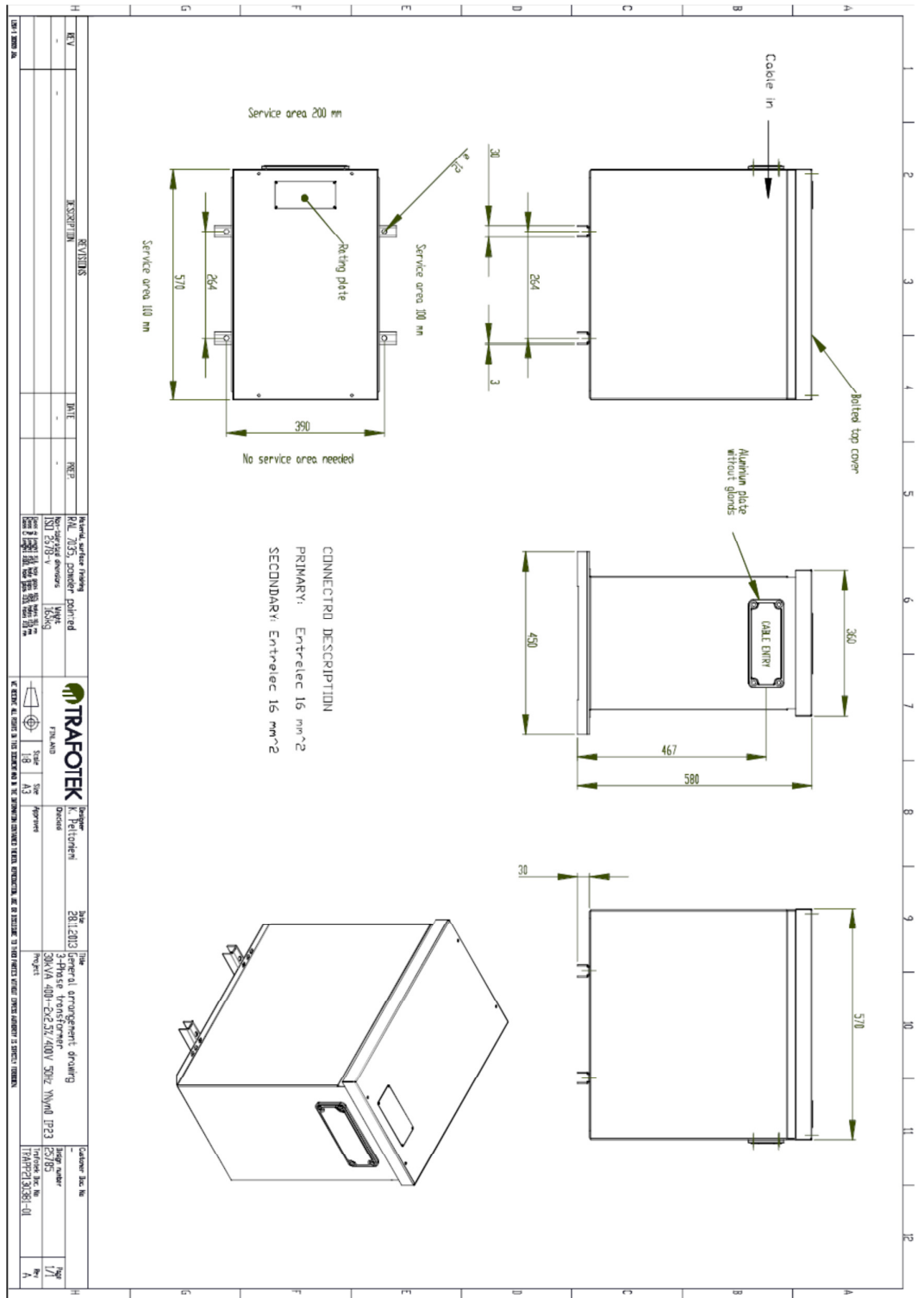
Lisätietoja:

*Muuntajan rakennetta modifioitu, päälle on asennettu kytkentöjen turvallisen tekemisen saavuttamiseksi kytkentäkotelo. Liikuteltavuuden parantamiseksi alle asennettu pyörät.

ST 51.21.07

2 (2)

MITTAUKSET		Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen	Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen
Jännitteet					
Mittauspiste:					
L1-PEN	233,1 V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
L2-PEN	232 V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
L3-PEN	234,5 V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
L1-L2	400,8 V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
L1-L3	403,2 V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
L2-L3	403,7 V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Oikosulkuvirta I_k tai -impedanssi Z_k					
Mittauspiste:					
	A	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
	Ω	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Erillinen mittauspöytäkirja liitteenä		<input type="checkbox"/>			
Maadoitus					
<input type="checkbox"/>	Resistanssimittaus (ks. erill. mittausptk. _____ kpl)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>	Jatkuvuuden mittaus (ks. erill. mittausptk. _____ kpl)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Eristysresistanssi					
Mittauspiste:					
L1-PEN	>500 M Ω	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
L2-PEN	>500 M Ω	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
L3-PEN	>500 M Ω	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
L1-L2	>500 M Ω	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
L1-L3	>500 M Ω	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
L2-L3	>500 M Ω	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Suojajohtimien, PEN- ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuus					
Mittauspiste:					
	0,09 Ω	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Ω	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Erillinen mittauspöytäkirja liitteenä		<input type="checkbox"/>			
Vikavirtasuojat					
	Laukaisuaika 14.5 ms	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Toimintavirta 30 mA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Erillinen mittauspöytäkirja liitteenä		<input type="checkbox"/>			
Lisätietoja, käytetyt mittalaitteet ja menetelmät jne. Oikosulkuvirtaa ei pystytä mittaamaan nimellisvirralla koulun laitteilla.					
TESTAUKSET					
	Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen	Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen	
Vaihejärjestyksen toteaminen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Suojareleet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Lukitukset	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Kaapeleiden jännitetestit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Lisätietoja:					
LISÄTIETOJA / MUUT HUOMIOT					
<input type="checkbox"/> liitteessä					
TARKASTUKSEN TULOS					
<input checked="" type="checkbox"/> Tarkastuksen kohde on säännösten ja määräysten mukainen.					
<input type="checkbox"/> Tarkastuksen kohde on käyttöönotettavissa, mutta siinä on seuraavia korjattavia puutteita:					
_____ <input type="checkbox"/> korjattu _____					
_____ <input type="checkbox"/> korjattu _____					
Liitteitä _____ kpl					
TARKASTUKSEN TEKIJÄT					
Nimet					
Paaso Sami					
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys			
16.5.2014					





TECHNICAL DATA SHEET

Description	Date	Prepared by	A
Rev. A For product	03.07.2013	KP	
Rev. B -	-	-	
Rev. C -	-	-	

GENERAL DATA

P1010	Document number	TRAPP2130197-01
P1020	Transformer design number (-s)	26852
P1030	Project	-
P1031	Customer reference	-
P1040	Application	2-winding transformer
P1050	Transformer type	Vacuum Pressure Impregnated (VPI) Dry Type Transformer
P1060	Cooling method	AN (Convection cooled)
P1070	Final location of the transformer	< 1000 m above sea-level
P1080	Standards	IEC 61558
P1090	Certification	-

WINDING DATA

	PRIMARY	SECONDARY
P2010	Rated power	30 kVA
P2020	Service factor	S1
P2030	Connection symbol	YN
P2040	Rated voltage	400 V
P2041	Voltage (on no-load)	409 V
P2050	Tappings	-
P2060	Voltage on 4/4 load, p.f. 0,95	1,000x Un
P2070	Voltage on 4/4 load, p.f. 0,80	1,000x Un
P2080	Rated current	43,3 A
P2090	Material	Copper
P2100	Temperature rise class	F / 100 K
P2110	Insulation class	F / 155°C
P2120	Insulation level	AC3
P2130	Impedance	-
P2140	Impregnation	Vacuum Press.

*) at 30 kVA

ADDITIONAL TECHNICAL DATA

P3010	Rated frequency	50 / 60 Hz
P3020	Max ambient temperature	40°C
P3030	Inrush current	Ip= 1,1 kA, half-life 0,20 s.
P3040	Noise pressure level	56 dB(A) / 1 m
P3050	No-load losses	370 W +15% IEC tol.
P3060	Load losses	810 W +15% IEC tol. (at 120°C, rated power, rated voltage ratio, sine wave)
P3061	Load losses under distorted current (IEC 61378)	-
P3070	Total losses	1180 W +10% IEC tol.
P3080	Losses to environment	1180 W
P3090	Efficiency (at power factor 1,00)	96,22 % (at 4/4 load) 96,46 % (at 3/4 load) 96,32 % (at 2/4 load) 94,69 % (at 1/4 load)
P3091	Efficiency (at power factor 0,80)	95,31 % (at 4/4 load) 95,61 % (at 3/4 load) 95,45 % (at 2/4 load) 93,45 % (at 1/4 load)
P3100	Weight	145 kg

ENCLOSURE

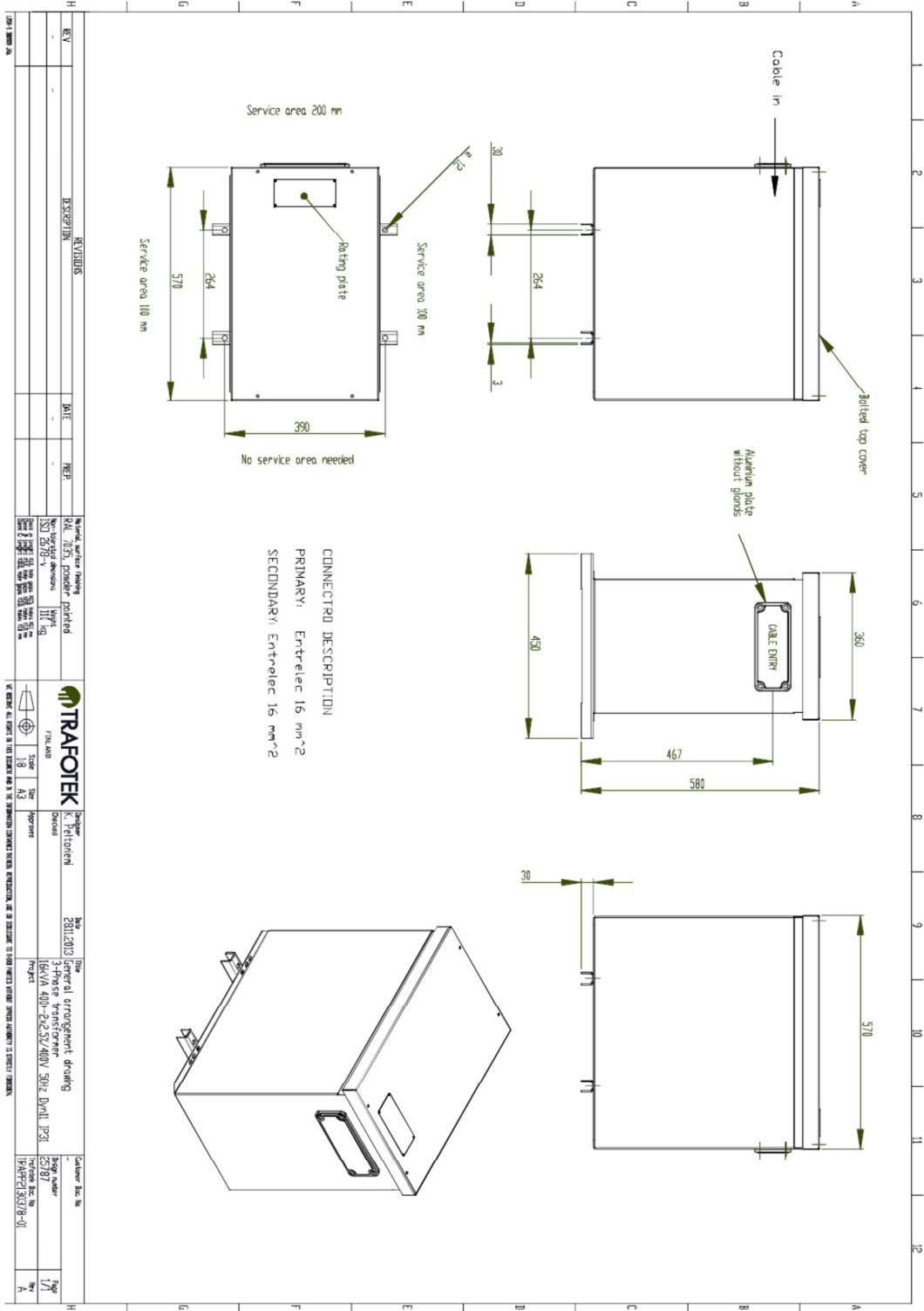
P4010	Protection degree	IP00 for indoor use.
P4020	Construction	-
P4030	Surface finishing	-
P4040	General arrangement drawing	-
P4050	Overall dimensions [WxDxH]	490 x 280 x 530 mm.
P4060	Cable direction	-
P4070	Cable entry, primary	From the above (long side) of the transformer.
P4071	Cable entry, secondary	From the above (long side) of the transformer.
P4080	Cable gland, primary	-
P4081	Cable gland, secondary	-

ACCESSORIES

P5010	Earthed screen between windings	Not included.
P5020	Temperature control for windings	Pt-100 (2-wire) / secondary winding, total 3 pcs, wired to the terminals.
P5021	Temperature control for core	Not included.
P5022	Vibration dampers	Not included.
P5023	Stand still heaters	Not included.

NOTES

P9010 -



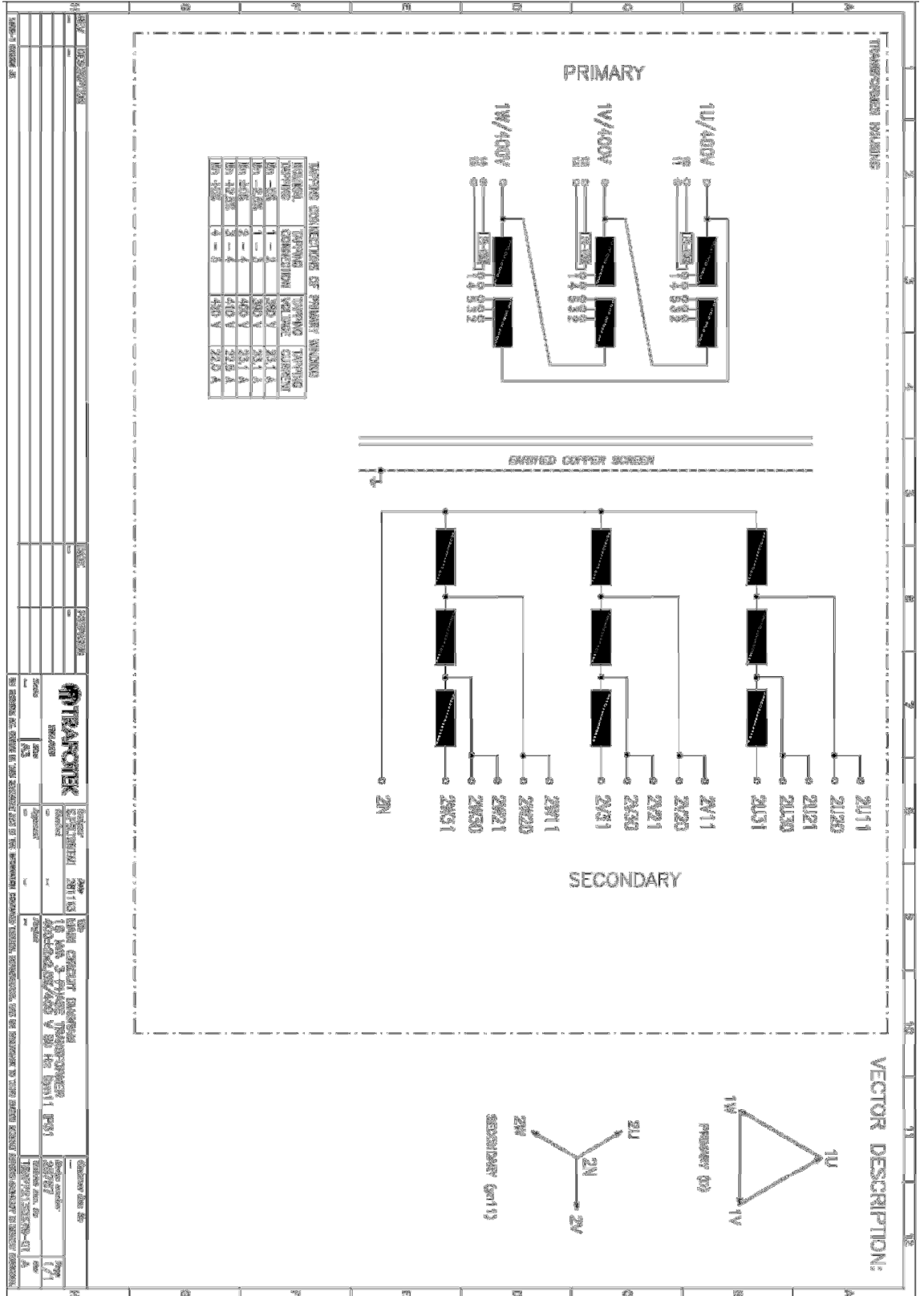
REV	DESCRIPTION	DATE	REP

Material	Material	Weight
PdL 7153, powder painted		
Net weight	Net weight	Net weight
111 kg	111 kg	111 kg

Scale	1:8
Size	A3

Project	28112013 General arrangement drawing
Author	K. Pelloniemi
Checked	
Approved	

Sign number	2018
Sign date	1/1
Sign name	A





TECHNICAL DATA SHEET

	Description	Date	Prepared by
Rev. A	For product	28.11.2013	KP
Rev. B	-	-	-
Rev. C	-	-	-

GENERAL DATA

P1010	Document number	TRAPP2130377-01
P1020	Transformer design number (-s)	25787
P1030	Project / customer reference	-
P1040	Application	2-winding transformer
P1050	Transformer type	Vacuum Pressure Impregnated (VPI) Dry Type Transformer
P1060	Cooling method	AN (Convection cooled)
P1070	Final location of the transformer	< 1000 m above sea-level
P1080	Standards	IEC 60076, IEC 60726
P1090	Certification	-

WINDING DATA

		PRIMARY	SECONDARY
P2010	Rated power	16,0 kVA	16,0 kVA
P2020	Service factor	S1	S1
P2030	Connection symbol	D	yn11
P2040	Rated voltage	400 V	400 V
P2041	Exact voltage (on no-load)	400 V	401 V
P2050	Tappings	+2x2.5%	-
P2060	Voltage on 4/4 load, p.f. 0,95	1,000x Un	387 V
P2070	Voltage on 4/4 load, p.f. 0,80	1,000x Un	387 V
P2080	Rated current	23,1 A	23,1 A
P2090	Material	Copper	Copper
P2100	Temperature rise class	F / 100	F / 100
P2110	Insulation class	H / 180°C	H / 180°C
P2120	Insulation level	AC3	AC3
P2130	Impedance	-	3,75 %*
P2140	Impregnation	Vacuum Press.	Vacuum Press. *) at 16 kVA

ADDITIONAL TECHNICAL DATA

P3010	Rated frequency	50 Hz
P3020	Max ambient temperature	40°C
P3030	Inrush current	I _p = 0,34 kA, half-life 0,20 s.
P3040	Noise pressure level	58 dB(A) / 1 m
P3050	No-load losses	250 W +15% IEC tol.
P3060	Load losses	550 W +15% IEC tol. (at 120°C, rated power, rated voltage ratio, sine wave)
P3070	Total losses	800 W +10% IEC tol.
P3080	Weight	110 kg

ENCLOSURE

P4010	Protection degree	IP31 for indoor use.
P4020	Construction	Fixed sheet steel enclosure. Bolted top cover.
P4030	Surface finishing	RAL 7035, powder painted.
P4040	General arrangement drawing	GAD_TRAPP2130378-01
P4050	Overall dimensions [WxDxH]	585 x 450 x 580 mm.
P4060	Cable direction	HV and LV on same side of the transformer.
P4070	Cable entry, primary	From the upper part (short side) of the enclosure.
P4071	Cable entry, secondary	From the upper part (short side) of the enclosure.
P4080	Cable gland, primary	Bolted aluminium plate without glands.
P4081	Cable gland, secondary	Bolted aluminium plate without glands.

ACCESSORIES

P5010	Earthed screen between windings	Not included.
P5020	Temperature control for windings	1x PT-100 (2-wire) / primary winding, total 3 pcs, wired to the terminals.
P5030	Temperature control for windings (PTC)	Not included.
P5040	Vibration dampers	Not included.
P5050	Stand still heaters	Not included.

NOTES

P9010	-
-------	---